

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-052293

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

G02B 27/28

(21)Application number : 09-212016

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>
TOKIN CORP

(22)Date of filing : 06.08.1997

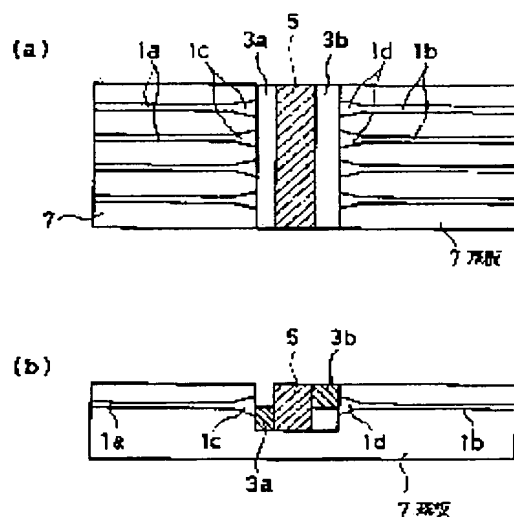
(72)Inventor : SHINTAKU TOSHIHIRO
SHIMOKOZONO MAKOTO
TATE AKIYUKI
SUGIMOTO NAOTO
KIMURA MASAYUKI
KAWAMURA TAKUYA
TSUCHIYA HARUHIKO

(54) OPTICAL ISOLATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To facilitate optical alignment at the time of assembly and to realize miniaturization and economization.

SOLUTION: Light in a forward direction from an optical waveguide 1a having TEC(terminal expanded core) structure is changed to parallel beams at a lens part 1c; the 1st half of the light is transmitted through a 1/2 wavelength plate 3a and a magnetic garnet 5 and made incident on a lens part 1; and the 2nd half of the light is transmitted through the magnetic garnet 5 and a 1/2 wavelength plate 3b, made incident on a lens part 1b, synthesized with the 1st half of the light and emitted through an optical waveguide 1b. The transmitted light in a reverse direction from the waveguide 1b is changed to the parallel beams at a lens part 1d; the 1st half of the light is transmitted through the magnetic garnet 5 and the plate 3a and made incident on the lens part 1c; and the 2nd half of the light is transmitted through the plate 3b and the magnetic garnet 5, made incident on the lens part 1c and negated with the 1st half of the light each other so as not to be transmitted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Two or more 1st optical waveguides which the lens section was formed in each end and arranged in parallel, Two or more 2nd optical waveguides which said each lens section of the optical waveguide of this 1st plurality is countered, and the lens section is formed in each end, and is arranged in parallel, The Faraday rotator currently arranged between the lens sections of two or more of said 1st and 2nd optical waveguides, The 1st one half of the light from each lens section of two or more of said 1st optical waveguides penetrates. The 1st 1/2 wavelength plate joined to the 1st [of the 1st field of said Faraday rotator which counters the lens section of two or more of said 1st optical waveguides so that the light of the 2nd one half may penetrate said Faraday rotator directly] one half side, It is joined to a 2nd [of said 1st field of said Faraday rotator, and the 2nd field of the opposite side] one half side, and the light of said 2nd one half from a 2nd [of the 2nd field of this Faraday rotator] one half side penetrates. The 2nd 1/2 wavelength plate which carries out incidence to the lens section of two or more of said 2nd optical waveguides, and carries out incidence of the light of said 1st one half from said Faraday rotator to the lens section of two or more of said 2nd optical waveguides directly, The optical isolator characterized by having a field impression means to impress a field to said Faraday rotator.

[Claim 2] One [each] side is connected to each end of two or more 1st optical waveguides arranged in parallel and the optical waveguide of this 1st plurality. Two or more 1st **** branching means which compounds the light which branched to two, respectively, carried out outgoing radiation of the light which carried out incidence from one [this] each side from a pair of each another side side, and carried out incidence from a pair of each another side side, and carries out outgoing radiation from one [each] side, Each of a pair of end is connected to a pair of each another side side of the **** branching means of this 1st plurality in order to draw separately the 1st and 2nd light which branched with the **** branching means of this 1st plurality, respectively. Two or more pairs of 1st optical waveguides by which a pair of lens section is formed in each of a pair of other end, respectively, this -- said each of a pair of lens section formed in each of a pair of other end of two or more pairs of 1st optical waveguides being countered, respectively, and a pair of lens section being formed in each of a pair of end, and with two or more pairs of 2nd optical waveguides currently arranged in parallel The light which carries out incidence to one [each] of a pair of side from each of a pair of other end of two or more pairs of 2nd optical waveguides is compounded. this -- one [each] of a pair of side connects with each of a pair of other end of two or more pairs of 2nd optical waveguides -- having -- this -- Two or more 2nd **** branching means which branches to two, respectively and carries out outgoing radiation of the light which carried out outgoing radiation from each another side side, and which carried out incidence from each another side side from one [each] of a pair of side, Two or more 2nd optical waveguides which was connected to the another side side of the **** branching means of this 2nd plurality, and was arranged in parallel, It is arranged between each of a pair of lens section of two or more pairs of said 1st and 2nd optical waveguides. The light from the lens section of one way each of each of a pair of lens section of two or more pairs of said 1st optical waveguides carries out direct incidence to one side. The Faraday rotator in which the light from the lens section of one way each of each of a pair of lens section of two or more pairs of said 2nd optical waveguides carries out direct incidence to an another side side, The 1st 1/2 wavelength plate currently arranged between

one field of this Faraday rotator, and the lens section of each another side of each of a pair of lens section of two or more pairs of said 1st optical waveguides, The optical isolator characterized by having the 2nd 1/2 wavelength plate currently arranged between the field of another side of said Faraday rotator, and the lens section of each another side of each of a pair of lens section of two or more of said 2nd optical waveguides, and a field impression means to impress a field to said Faraday rotator.

[Claim 3] Two or more pairs of two or more 1st and 2nd optical waveguide, said 1st, and 2nd optical waveguides are optical isolators according to claim 1 or 2 characterized by being the optical waveguide of TEC structure which has a limb as said lens section.

[Claim 4] Two or more pairs of two or more 1st and 2nd optical waveguide, said 1st, and 2nd optical waveguides are optical isolators according to claim 1 or 2 characterized by being the optical waveguide with a point ball lens which has a point ball lens as said lens section.

[Claim 5] Two or more 2nd optical waveguides which has the PCL structure which each end countered each end of two or more 1st optical waveguides which has the PLC structure arranged in parallel, and the optical waveguide of this 1st plurality, and was arranged in parallel, The Faraday rotator currently arranged between the opposite edges of two or more of said 1st and 2nd optical waveguides, The 1st one half of the light from each end of two or more of said 1st optical waveguides penetrates. The 1st 1/2 wavelength plate joined to the 1st [of the 1st field of said Faraday rotator which counters each end of two or more of said 1st optical waveguides so that the light of the 2nd one half may penetrate said Faraday rotator directly] one half side, It is joined to a 2nd [of said 1st field of said Faraday rotator, and the 2nd field of the opposite side] one half side, and the light of said 2nd one half from a 2nd [of the 2nd field of this Faraday rotator] one half side penetrates. It is the optical isolator which carries out incidence to said two or more 2nd optical waveguides, and is characterized by the light of said 1st one half from said Faraday rotator having the 2nd 1/2 wavelength plate which carries out incidence to said two or more 2nd optical waveguides directly, and a field impression means to impress a field to said Faraday rotator.

[Claim 6] The light transmission side of said Faraday rotator, said 1st, and 2nd 1/2 wavelength plate is an optical isolator according to claim 1 to 5 characterized by being inclined and arranged from a perpendicular field to the transmitted light.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention penetrates only the transmitted light of the forward direction by low loss, and relates to the optical isolator mainly used for arrangement of the path of a lightwave signal in optical-communication relation especially as an optical passive component about the optical isolator which intercepts the return light of hard flow.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the optical transmission system, use of the optical fiber amplifier which amplifies directly with a lightwave signal is considered, without transposing a lightwave signal to an electrical signal in recent years. In this case, install Er addition optical fiber of specific die length in an amplifier, the signal light and excitation light which are amplified there are made to penetrate, and magnification light is obtained. Use of the optical isolator which optical fiber amplifier is made to penetrate only the transmitted light of the forward direction by low loss, and intercepts the return light of hard flow is indispensable.

[0003] There are polarization dependence which makes only a specific polarization component penetrate among the transmitted lights of the forward direction, and polarization non-dependence which penetrates all the components of the transmitted light in an optical isolator. Although both optical isolators are used in an optical transmission system, it is used properly to the middle of the optical fiber with which, as for polarization dependence, signal light penetrates the latest of the laser for optical communication, and polarization non-dependence in many cases. Among these, about the polarization non-dependence optical isolator with a comparatively complicated configuration, some structures, such as a type (JP,54-159245,A) which uses a birefringence parallel plate conventionally, and a type (JP,61-58809,B) using a taper-like birefringent plate, have been proposed.

[0004] The example of the polarization non-dependence optical isolator shown in drawing 10 is an optical isolator with which it was proposed by Shintaku and others, and it has 1/2 wavelength plate 102 of 101 or 2 magnetic garnets which are one Faraday rotator (1997 spring Institute of Electronics, Information and Communication Engineers synthesis convention C-3-98, p283, polarization non-depended optical isolator of new structure), and two lens devices 103, and both ends consist of optical fibers 104a and 104b. Moreover, with the optical isolator of drawing 10 which is the magnet which impresses a field to the magnetic garnet 101, in case 105 separates the transmitted light, it does not separate into the light of the polarization component which intersects perpendicularly mutually, but it is divided into the light of the same reinforcement which the polarization component mixed. In the case of the forward direction transmitted light which carried out incidence only of the tales doses from optical fiber 104a, including the same polarization component respectively, two sorts of separation light is again compounded in the end face of optical fiber 104b after outgoing radiation side lens transparency. In this case, since 2 separation light compounded has relation which suits in slight strength mutually, the transmitted light will pass through an optical isolator as it is, without decreasing. In addition, as for the light at the time of penetrating the magnetic garnet 101 and 1/2 wavelength plate 102 which are the Faraday rotator between two lenses 103, it is most desirable that it is parallel light.

[0005] On the other hand, in case the light separated after transparency of optical fiber 104b is compounded at an optical fiber 104a edge in this optical isolator in the case of the transmitted

light of hard flow, it has relation negated mutually. Therefore, it turns out that the hard flow transmitted light does not penetrate the inside of this optical fiber 104a, and this optical device functions as an optical isolator.

[0006] By the way, in the inside of one optical fiber, the wavelength multiple-signal (WDM) technique which coincidence is made to penetrate progresses, and coincidence is asked [lightwave signal / of two or more wavelength] for the optical device which can be processed from two or more lightwave signals in recent years. Coincidence is asked for considering as the structure of the parallel connected type which processes two or more lightwave signals independently also in the optical isolator, and the structure of an array mold where two or more optical isolators of the same structure were arranged horizontally is proposed.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, the optical isolator of the array mold which can process two or more lightwave signals to coincidence is demanded with development of a WDM technique, but when the polarization non-dependence optical isolator shown in drawing 10 mentioned above to this array type of optical isolator is used, the following problems arise.

[0008] that is, with the polarization non-dependence optical isolator shown in drawing 10, two separation light is considered to become each half [of one parallel light which spread greatly in fact, or the transmitted light according to it] rather than follows a path which is completely different in the condition of having separated mutually. Since it was again compounded by one light after two sorts of light of the transmitted light penetrated a mutually different optical element, if it separates into two was written, but in fact, the boundary section of both separation light is continuing, and since it is located in the center section of the light transmission field, this boundary section, not to mention it, is considered that the optical reinforcement of the transmitted light is usually the greatest field. Since such the transmitted light penetrates 1/2 wavelength plate which is a mutually different optical element, carrying out irregular behavior of being as interfere **** [, and] is fully considered. [that the light which penetrated the side-face partial region of an optical element is scattered about] It is thought that the effect of such a light becomes remarkable especially in the case of the transmitted light of hard flow.

[0009] It is very difficult on the structure of an optical isolator to make this scattered light into zero. As a factor which increases such the scattered light further ** When the transmitted light between two lenses is not parallel light, the transmitted light carries out incidence to an optical element end face from across (since the transmitted light and a component end face will become parallel if it is parallel light). Since the installation locations of 1/2 wavelength plate differ on structure in the transparency path of **2 separation light in which the quantity of light reflected and scattered about by the end face is very small In order to install the lens with which the optical element end face of 2 separation light at the time of incidence does not gather, but the field of the shape of the level difference becomes the basis of reflection and dispersion and of which ** independence was done in an optical path A certain amount of volume also including the part used as the holder is surely required in an optical path. The optical distance between both optical fiber 104a and 104b becomes long as a result. ** Precise alignment required for adhesion immobilization of 1/2 wavelength plate installed in the front flesh side of Faraday rotator is difficult, and since both optical elements are the magnitude of the one half of Faraday rotator, respectively, they can consider the reason of few overflows of the cement at the time of junction scattering the transmitted light.

[0010] In order to produce this problem similarly in the optical isolator of an array mold and to have to perform optical alignment to much all optical-isolator configurations especially in the case of an array mold, the point that optical adjustment is difficult is an especially big problem. In the case of an array mold optical isolator, it is called for that the optical alignment at the time of the assembly of an optical element is structure which coincidence is made to complete by one operation to all optical-isolator configurations.

[0011] This invention was made in view of the above, and the place made into the purpose is to offer the optical isolator which attained miniaturization and economization while easy-izing optical alignment at the time of assembly.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention

according to claim 1, Two or more 1st optical waveguides which the lens section was formed in each end and arranged in parallel, Two or more 2nd optical waveguides which said each lens section of the optical waveguide of this 1st plurality is countered, and the lens section is formed in each end, and is arranged in parallel, The Faraday rotator currently arranged between the lens sections of two or more of said 1st and 2nd optical waveguides, The 1st one half of the light from each lens section of two or more of said 1st optical waveguides penetrates. The 1st $1/2$ wavelength plate joined to the 1st [of the 1st field of said Faraday rotator which counters the lens section of two or more of said 1st optical waveguides so that the light of the 2nd one half may penetrate said Faraday rotator directly] one half side, It is joined to a 2nd [of said 1st field of said Faraday rotator, and the 2nd field of the opposite side] one half side, and the light of said 2nd one half from a 2nd [of the 2nd field of this Faraday rotator] one half side penetrates. Carry out incidence to the lens section of two or more of said 2nd optical waveguides, and let it be a summary for the light of said 1st one half from said Faraday rotator to have the 2nd $1/2$ wavelength plate which carries out incidence to the lens section of two or more of said 2nd optical waveguides directly, and a field impression means to impress a field to said Faraday rotator.

[0013] If it is in this invention according to claim 1, the transmitted light of the forward direction from two or more 1st optical waveguides turns into parallel light in the lens section. Incidence of the light of the 1st one half is carried out to the lens section of two or more 2nd optical waveguides through the 1st $1/2$ wavelength plate and Faraday rotator. Moreover, incidence of the light of the 2nd one half is carried out to the lens section of two or more 2nd optical waveguides through Faraday rotator and the 2nd $1/2$ wavelength plate. It is compounded with the light of the 1st one half, and outgoing radiation of two or more 2nd optical waveguides is penetrated and carried out. Moreover, the transmitted light of the hard flow from two or more 2nd optical waveguides turns into parallel light in the lens section. Incidence of the light of the 1st one half is carried out to the lens section of two or more 1st optical waveguides through Faraday rotator and the 1st $1/2$ wavelength plate. Moreover, incidence of the light of the 2nd one half is carried out to the lens section of two or more 1st optical waveguides through the 2nd $1/2$ wavelength plate and Faraday rotator, and it is denied the light of the 1st one half mutually, and cannot be penetrated.

[0014] Moreover, two or more 1st optical waveguides in which this invention according to claim 2 was arranged in parallel, One [each] side is connected to each end of the optical waveguide of this 1st plurality. Two or more 1st **** branching means which compounds the light which branched to two, respectively, carried out outgoing radiation of the light which carried out incidence from one [this] each side from a pair of each another side side, and carried out incidence from a pair of each another side side, and carries out outgoing radiation from one [each] side, Each of a pair of end is connected to a pair of each another side side of the **** branching means of this 1st plurality in order to draw separately the 1st and 2nd light which branched with the **** branching means of this 1st plurality, respectively. Two or more pairs of 1st optical waveguides by which a pair of lens section is formed in each of a pair of other end, respectively, this -- said each of a pair of lens section formed in each of a pair of other end of two or more pairs of 1st optical waveguides being countered, respectively, and a pair of lens section being formed in each of a pair of end, and with two or more pairs of 2nd optical waveguides currently arranged in parallel The light which carries out incidence to one [each] of a pair of side from each of a pair of other end of two or more pairs of 2nd optical waveguides is compounded. this -- one [each] of a pair of side connects with each of a pair of other end of two or more pairs of 2nd optical waveguides -- having -- this -- Two or more 2nd **** branching means which branches to two, respectively and carries out outgoing radiation of the light which carried out outgoing radiation from each another side side, and which carried out incidence from each another side side from one [each] of a pair of side, Two or more 2nd optical waveguides which was connected to the another side side of the **** branching means of this 2nd plurality, and was arranged in parallel, It is arranged between each of a pair of lens section of two or more pairs of said 1st and 2nd optical waveguides. The light from the lens section of one way each of each of a pair of lens section of two or more pairs of said 1st optical waveguides carries out direct incidence to one side. The Faraday rotator in which the light from the lens section of one way each of each of a pair of lens section of two or more pairs of said 2nd optical waveguides carries out direct incidence to an another side side, The

1st 1/2 wavelength plate currently arranged between one field of this Faraday rotator, and the lens section of each another side of each of a pair of lens section of two or more pairs of said 1st optical waveguides, Let it be a summary to have the 2nd 1/2 wavelength plate currently arranged between the field of another side of said Faraday rotator, and the lens section of each another side of each of a pair of lens section of two or more of said 2nd optical waveguides, and a field impression means to impress a field to said Faraday rotator.

[0015] If it is in this invention according to claim 2, the transmitted light of the forward direction from two or more 1st optical waveguides branches with the 1st **** branching means. These 1st and 2nd branched light turns into parallel light in that lens section through two or more pairs of 1st optical waveguides. The 1st 1/2 wavelength plate, Faraday rotator, and the lens section of two or more pairs of 2nd optical waveguides the 1st light on the other hand Penetrate one side of two or more pairs of 2nd optical waveguides, and it results in the 2nd **** branching means. The 2nd light Faraday rotator, the 2nd 1/2 wavelength plate, another side of the lens section of two or more pairs of 2nd optical waveguides, Another side of two or more pairs of 2nd optical waveguides is penetrated. For the 2nd **** branching means very much It is compounded with the 1st light, and carry out outgoing radiation from two or more 2nd optical waveguides, and the transmitted light of the hard flow from two or more 2nd optical waveguides branches with the 2nd **** branching means. These 1st and 2nd branched light turns into parallel light in that lens section through two or more pairs of 2nd optical waveguides. Faraday rotator, the 1st 1/2 wavelength plate, and the lens section of two or more pairs of 1st optical waveguides the 1st light on the other hand Penetrate one side of two or more pairs of 1st optical waveguides, and it results in the 1st **** branching means. The 2nd light penetrates another side of the 2nd 1/2 wavelength plate, Faraday rotator, and the lens section of two or more pairs of 1st optical waveguides, and another side of two or more pairs of 2nd optical waveguides, and they are mutually denied very much the 1st light for the 1st **** branching means, and it cannot penetrate them for it.

[0016] Furthermore, this invention according to claim 3 makes it a summary for two or more pairs of two or more 1st and 2nd optical waveguide, said 1st, and 2nd optical waveguides to be the optical waveguides of TEC structure which have a limb as said lens section in invention according to claim 1 or 2.

[0017] This invention according to claim 4 makes it a summary for two or more pairs of two or more 1st and 2nd optical waveguide, said 1st, and 2nd optical waveguides to be the optical waveguides with a point ball lens which have a point ball lens as said lens section in invention according to claim 1 or 2.

[0018] Moreover, two or more 1st optical waveguides which has the PLC structure where this invention according to claim 5 was arranged in parallel, Two or more 2nd optical waveguides which has the PCL structure which each end countered each end of the optical waveguide of this 1st plurality, and was arranged in parallel, The Faraday rotator currently arranged between the opposite edges of two or more of said 1st and 2nd optical waveguides, The 1st one half of the light from each end of two or more of said 1st optical waveguides penetrates. The 1st 1/2 wavelength plate joined to the 1st [of the 1st field of said Faraday rotator which counters each end of two or more of said 1st optical waveguides so that the light of the 2nd one half may penetrate said Faraday rotator directly] one half side, It is joined to a 2nd [of said 1st field of said Faraday rotator, and the 2nd field of the opposite side] one half side, and the light of said 2nd one half from a 2nd [of the 2nd field of this Faraday rotator] one half side penetrates. Carry out incidence to said two or more 2nd optical waveguides, and let it be a summary for the light of said 1st one half from said Faraday rotator to have the 2nd 1/2 wavelength plate which carries out incidence to said two or more 2nd optical waveguides directly, and a field impression means to impress a field to said Faraday rotator.

[0019] If it is in this invention according to claim 5, the transmitted light of the forward direction from two or more 1st optical waveguides which has PLC structure is divided into 2 light with PLC structure, and the light of the 1st one half penetrates the 1st 1/2 wavelength plate and Faraday rotator. Result in two or more 2nd optical waveguides which has PLC structure, and the light of the 2nd one half penetrates Faraday rotator and the 2nd 1/2 wavelength plate. It is compounded very much with the light of the 1st one half by two or more 2nd optical waveguides which has PLC structure. Outgoing radiation is carried out from two or more 2nd optical waveguides, the transmitted light of the hard flow from two or more 2nd optical

waveguides is divided into 2 light with PCL structure, and the light of the 1st one half penetrates Faraday rotator and the 1st 1/2 wavelength plate. It results in two or more 2nd optical waveguides, and the 2nd 1/2 wavelength plate and Faraday rotator are penetrated, in case the light of the 2nd one half is compounded very much by two or more 2nd optical waveguides with the PLC structure of the optical waveguide of this 2nd plurality, they are denied the light of the 1st one half mutually and it cannot penetrate them.

[0020] Furthermore, this invention according to claim 6 makes it a summary for the light transmission side of said Faraday rotator, said 1st, and 2nd 1/2 wavelength plate to incline, and to arrange it from a perpendicular field, to the transmitted light, in invention according to claim 1 to 5.

[0021] If it is in this invention according to claim 6, since the light transmission side of Faraday rotator, 1st, and 2nd 1/2 wavelength plate inclines and is arranged from the perpendicular field to the transmitted light, it can prevent that the reflected light in an optical element re-invades as a return light in optical waveguide.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained using a drawing.

[0023] Drawing 1 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 1st operation gestalt of this invention, respectively. In this drawing, 1a and 1b are optical waveguides which have TEC (Thermal Expanded Core) structure, and the lens sections 1c and 1d which expanded the core section with heating and were formed are formed in each one edge each. 3a and 3b are 1/2 wavelength plates, 5 is the magnetic garnet 5 which is Faraday rotator, and 7 is a substrate. In addition, in this drawing, a means to impress a field to the magnetic garnet 5 which is Faraday rotator is omitted.

[0024] In the optical isolator constituted, thus, the transmitted light of the forward direction from two or more optical waveguide 1a which has TEC structure It becomes parallel light by the lens section 1c. The light of the 1st one half 1/2 wavelength plate 3a, Without penetrating in order the magnetic garnet 5 which is Faraday rotator, and penetrating 1/2 wavelength-plate 3b Carrying out [and] incidence to 1d of lens sections, without penetrating 1/2 wavelength-plate 3a, the light of the 2nd one half penetrates in order the magnetic garnet 5, and 1/2 wavelength-plate 3b which is Faraday rotator, and it carries out incidence to 1d of lens sections, and it is compounded with the light of the 1st one half, and carries out outgoing radiation through optical waveguide 1b.

[0025] Moreover, the transmitted light of the hard flow from optical waveguide 1b which has TEC structure Become parallel light in 1d of the lens section, and the light of the 1st one half penetrates the magnetic garnet 5, and 1/2 wavelength-plate 3a, and it carries out incidence to lens section 1c. Moreover, 1/2 wavelength plate 3b and the magnetic garnet 5 cannot be penetrated, incidence of the light of the 2nd one half is carried out to lens section 1c, they are denied the light of the 1st one half mutually and it cannot penetrate them.

[0026] In addition, the lens sections 1c and 1d give the function as a lens by expanding to one several times the diameter of this by heating the core section of an optical fiber, and the thing using an optical fiber is also called a core expansion fiber among the optical waveguides 1a and 1b which have TEC structure. And the light which carries out outgoing radiation from optical waveguide 1a which has TEC structure turns into parallel light.

[0027] In this operation gestalt, although 1/2 wavelength plates 3a and 3b and the magnetic garnet 5 constitute an optical element, when the 1.55-micrometer transmitted light which is a communication link wavelength band is assumed, the thickness of the magnetic garnet 5 is generally about 500 micrometers and 1/2 wavelength plates 3a and 3b are the products made from Xtal, the thickness is about 90 micrometers respectively.

[0028] The optical isolator of this operation gestalt constitutes the array-ized optical isolator by arranging in parallel two or more lens section 1c and optical waveguides 1a and 1b which have 1d in one according to TEC structure, and preparing to the conventional optical isolator shown in drawing 10 . And since the lens sections 1c and 1d are formed in one with the optical fiber which are optical waveguides 1a and 1b, while the optical alignment activity and optical adjustment at the time of assembly are easy, area of each optical element which the overall length of an optical isolator becomes short, and can miniaturize and is used in connection with

this can be made small, and a cost cut can be aimed at. When the 1.55-micrometer transmitted light mentioned above is assumed, distance between the optical waveguides 1a and 1b of both sides can be set to 1mm or less.

[0029] That is, in the optical isolator of this operation gestalt, since the optical waveguides 1a and 1b of lens section 1c and the TEC structure of having 1d in one can perform optical adjustment of optical waveguide and the lens section beforehand, while being able to easy-ize the optical alignment activity of the assembly type of an optical isolator, the configuration of an optical element can be miniaturized. Moreover, the transmitted light for lens section 1c of each optical waveguide and 1d is always maintained by parallel light or the condition near it. Upwards may improve and the optical property of an optical isolator Since the optical adjustment between the lens sections 1c and 1d at the time of assembly and optical waveguides 1a and 1b is unnecessary, Since the structure of the adjustment after assembly becoming easy and holding the lens section separately is unnecessary, a very small component is enough and the overall length of an optical isolator can be shortened. Furthermore, occupancy area of the optical element which consists of Faraday rotator required for one optical-isolator structure and 1/2 wavelength plate can be made small, and economization can be attained. Moreover, in an array mold optical isolator like this operation gestalt, while being able to use only an optical element in common, being able to arrange the optical ON outgoing radiation edge where a large number became independent, being able to provide the optical-isolator ability which a large number became independent of and being able to fall the occupancy area of the optical element per optical-isolator structure, the number of the optical-isolator structures which can carry out [array]-izing to the optical element of the same magnitude can be increased.

[0030] Drawing 2 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 2nd operation gestalt of this invention, respectively. The points which divided into two up and down and were constituted from the 1st and 2nd magnetic garnets 9a and 9b differ the magnetic garnet 5 which constitutes Faraday rotator in the optical isolator which showed the optical isolator of the 2nd operation gestalt shown in this drawing to drawing 1 , and other configurations, an operation, and effectiveness are the same as the optical isolator of the 1st operation gestalt mentioned above.

[0031] Although the optical element which consists of 1/2 wavelength plates 3a and 3b and the magnetic garnets 9a and 9b which are used for the optical isolator of the operation gestalt of **** 2 is produced in the form equally divided into two up and down This the magnetic garnet 9 which is rectangular Faraday rotator first, and 1/2 wavelength plate 3 of the same configuration Lamination, This is cut or more to two, and 1/2 wavelength plates, every two pieces 9a and 9b, i.e., the magnetic garnets, in it and, 3a and 3b are taken out, combined and constituted. And as for these magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b, it is desirable that it is the component started from the same block, the thickness of the magnetic garnets 9a and 9b which are both optical elements in that case, and 1/2 wavelength plates 3a and 3b is equal, and its sense of the optical axis of a faraday's rotation angle and 1/2 wavelength plate is also mutually equal. In addition, since it is an array mold optical isolator, as for the configuration of this component started and combined, it is desirable that it is a long and slender rectangle.

[0032] By using such an optical element, most level differences in the connection place of both optical elements can be made into zero. Since one of dispersion of the light which penetrates this connection place, and the causes of refraction is existence of this level difference, it can improve optical properties, such as an insertion loss of an optical isolator, and isolation, by canceling this level difference. When the 1.55-micrometer transmitted light of a communication link wavelength band is assumed like the case of the 1st operation gestalt mentioned above, Since the thickness of the magnetic garnets 9a and 9b is generally about 500 micrometers, and the thickness is about 90 micrometers respectively when 1/2 wavelength plates 3a and 3b are the products made from Xtal With this operation gestalt, the thickness of the optical element of a center section is set to about 600 micrometers, and becomes shorter a little less than 100 micrometers than the case of the operation gestalt mentioned above. In addition, as for the sense of the optical axis of 1/2 wavelength plates 3a and 3b, in the optical element of two steps of upper and lower sides, it is conditions that the angle to make is 45 degrees or 135 degrees. Since the optical axis serves as sense symmetrical with the field of a connection place when it constitutes from a component started from the same optical element block, the inclination of an optical axis also needs to be **22.5 degrees or **67.5 degrees (= **22.5

degrees ± 45 degrees) on the basis of the field of a connection place.

[0033] Next, how to assemble the optical isolator of the array mold of the 1st [which is constituted as mentioned above], and 2nd operation gestalten is explained. First, two or more waveguide structures are formed in parallel on the substrate 7 which consists of glass or Si, a part of each waveguide is expanded by approaches, such as the afterbaking processing, and it considers as the optical waveguide which has TEC structure. And the central part of each expanded optical waveguide is investigated to a groove, the optical waveguide which has TEC structure is cut, the long and slender optical element which combined the magnetic garnet 5 and $1/2$ wavelength plates 3a and 3b which are Faraday rotators is arranged into this slot, and it tunes finely and fixes.

[0034] Although optical waveguide 1a which has the TEC structure of both sides, and 1b cannot be moved and optical adjustment cannot be performed by this approach, since the optical waveguides 1a and 1b which have the TEC structure of both sides are installed in the location which surely counters If it takes care so that the joint effectiveness may fully be acquired at the time of production of the optical waveguides 1a and 1b which have TEC structure, especially the optical adjustment to which optical waveguide 1a and 1b are moved is not required. Thus, the optical isolator of the array mold of this operation gestalt is efficiently producible.

[0035] Drawing 3 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 3rd operation gestalt of this invention, respectively. The points which used lens section 11c and the optical waveguides 11a and 11b with a point ball lens in which 11d was formed in one instead of the optical waveguides 1a and 1b which have TEC structure in the optical isolator of the 1st operation gestalt which showed the optical isolator of the 3rd operation gestalt shown in this drawing to drawing 1 mentioned above differ, and other configurations, an operation, and effectiveness are the same as the optical isolator of the 1st operation gestalt.

[0036] The optical waveguides 11a and 11b with a point ball lens are the structures which pasted up or welded the spherical lens sections 11c and 11d of ten diameter – 100 micrometers of numbers at the tip of the core section of an optical fiber, and if a suitable design is carried out, they can make the outgoing radiation light parallel light.

[0037] Drawing 4 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 4th operation gestalt of this invention, respectively. The optical isolator of the 4th operation gestalt shown in this drawing The points which divided into two the magnetic garnet 5 which constitutes Faraday rotator in the optical isolator shown in drawing 3 up and down, and were constituted from the 1st and 2nd magnetic garnets 9a and 9b differ. the 1- which constituted like the magnetic garnets 9a and 9b of the 2nd operation gestalt shown in drawing 2 , and mentioned other configurations, an operation, and effectiveness above -- it is the same as the optical isolator of the 3rd operation gestalt.

[0038] Next, how to assemble the optical isolator of the array mold of the 3rd [which is constituted as mentioned above], and 4th operation gestalten is explained. In this operation gestalt, since it is difficult to produce the optical waveguides 11a and 11b with a point ball lens after recessing of a substrate 7, the approach of having mentioned above which produces the optical isolator of the 1st and 2nd operation gestalten mentioned above is not practical. therefore, two or more V typeface slots parallel on a substrate 7 be form, the slot for optical elements be produce to the sense which intersect perpendicularly with these slots, and although how to arrange the optical element of a long and slender configuration there etc. can be consider, optical adjustment be needed [in the case of the optical isolator which use the optical waveguides 11a and 11b with a point ball lens, / for every optical isolator configuration section] like the 3rd and 4th operation gestalten, in this case. Although the approach of producing the optical isolator using the optical waveguides 11a and 11b with a point ball lens which were comparatively excellent in optical coupling effectiveness has a problem in respect of the ease of assembly, it is thought that it is advantageous in respect of the optical property of an optical isolator.

[0039] Drawing 5 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 5th operation gestalt of this invention, respectively. The optical isolator of the 5th operation gestalt shown in this drawing While differing greatly in that the 1st and 2nd **** turnouts 13a and 13b were formed in the middle of

optical waveguides 1a and 1b in the optical isolator of the 1st operation gestalt shown in drawing 1, respectively optical waveguide 1a' which has two or more a pair of TEC structures for between the optical elements which consist of the branching outgoing end of these **** turnouts 13a and 13b, a magnetic garnet 5, and 1/2 wavelength plates 3a and 3b, respectively, 1a":1b', and 1b -- " -- connecting -- It differs in that lens section 1c', 1c":1d', and 1d" are formed in the edge by the side of the optical element of the optical waveguide of these two or more pairs, respectively.

[0040] In the optical isolator of the array mold constituted thus, the transmitted light of the forward direction from two or more optical waveguide 1a It branches in two light of the same reinforcement, a phase, and degree of polarization by 1st **** turnout 13a, respectively. These 1st and 2nd branched light turns into parallel light by that lens section 1c' and 1c" through two or more pairs optical waveguide 1a' which has TEC structure independently, respectively, and 1a". The 1st light penetrates the magnetic garnet 5 which constitutes 1/2 wavelength plate 3a and Faraday rotator, and the 2nd light penetrates the magnetic garnet 5, and 1/2 wavelength-plate 3b. and -- further -- the 1st and 2nd light -- respectively -- two or more -- a pair of lens section 1d', 1d", two or more pairs optical waveguide 1b', and 1b -- " -- penetrating -- 2nd **** turnout 13b -- resulting -- this -- in 2nd **** turnout 13b, the 1st and 2nd light is compounded and outgoing radiation is carried out from two or more optical waveguide 1b. Moreover, the transmitted light of the hard flow from two or more optical waveguide 1b branches by 2nd **** turnout 13b. These 1st and 2nd branched light turns into parallel light by that lens section 1d' and 1d" through two or more pairs of optical waveguide 1b' and 1b". The magnetic garnet 5, 1/2 wavelength plate 3a, and lens section 1c' the 1st light on the other hand It results in 1st **** turnout 13a, and it cannot result in 1st **** turnout 13a, and optical waveguide 1a' is penetrated and it cannot penetrate [1/2 wavelength plate 3b, the magnetic garnet 5, lens section 1c", and optical waveguide 1a" cannot be penetrated, and / the 2nd light is denied the 1st light mutually and] them.

[0041] in addition -- drawing 5 -- being shown -- the -- five -- operation -- a gestalt -- an optical isolator -- **** -- TEC -- structure -- having -- optical waveguide -- one -- a -- ' -- one -- a -- " -- and -- optical waveguide -- one -- b -- ' -- one -- b -- " -- using it -- **** -- although -- this -- instead of -- the point -- a ball -- a lens -- with -- optical waveguide -- others -- a component -- you may use it -- a thing -- it is .

[0042] Drawing 6 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 6th operation gestalt of this invention, respectively. As the optical isolator of the 6th operation gestalt shown in this drawing was shown in drawing 2 and drawing 4 instead of the magnetic garnet 5 of one apparatus as Faraday rotator in the optical isolator of the 5th operation gestalt shown in drawing 5, the points which used the magnetic garnets 9a and 9b carried out 2 ****s differ, and other configurations, an operation, and effectiveness are the same.

[0043] Moreover, it is the point that 2 separation light after **** turnout transparency is independently led to an optical element, respectively, for this reason the light which penetrates near the field of the connection place of an up-and-down optical element can serve as zero mostly, and the advantage of the optical isolator of the 5th and 6th operation gestalten can extinguish nearly completely the effect of the reflection and dispersion resulting from existence of this field. Therefore, the optical isolator which was more excellent in the field of an optical property compared with each operation gestalt mentioned above can be constituted. in addition -- the -- the time -- **** -- being independent -- an optical isolator -- a configuration -- taking -- each -- a field -- setting -- two -- a ** -- TEC -- structure -- having -- optical waveguide -- one -- a -- one -- a -- ' -- one -- a -- " -- one -- b -- one -- b -- ' -- one -- b -- " -- having included -- each -- separation -- light -- the optical path length -- exact -- it is necessary to control . Although this can be carried out by adjusting optically mutually the distance between the optical waveguide end faces which have TEC structure at the time of assembly, compared with each operation gestalt shown in drawing 1 - drawing 4, the point that the overall length of an optical isolator becomes long a little by existence of the optical waveguide which has two **** turnouts 13a and 13b and TEC structures of each field is unavoidable. However, the configuration, then miniaturization which constitute optical waveguide as optical waveguide of PLC (Planar Lightwave Circuit) structure on a glass substrate, for example, and give an operation of a **** turnout to this PLC structured division are possible.

[0044] Moreover, in the 5th and 6th operation gestalten, since it is two sorts which the transmitted light left mutually by the **** turnouts 13a and 13b of independent separation light, it is not necessary to take into consideration the reflection and dispersion by the level difference structure of an optical element edge. this -- structure -- **** -- drawing 1 - drawing 4 -- operation -- a gestalt -- a case -- exceeding -- having excelled -- an optical property -- an optical isolator -- it can constitute -- although -- each -- the transmitted light -- per -- four -- a ** -- optical waveguide -- one -- a -- ' -- one -- a -- " -- one -- b -- ' -- one -- b -- " -- two -- a piece -- **** -- a turnout -- 13 -- a -- 13 -- b -- using -- a sake -- some -- a configuration -- large -- becoming -- and also -- two -- separation -- light -- the optical path length -- a difference -- not be generated -- as -- the overall length and junction field of optical waveguide -- enough -- it is necessary to manage . In order to make it this optical-path-length difference not arise, the method of fixing and processing an optical fiber into the approach using the PLC (Planar Lightwave Circuit) structure in which optical waveguide was formed on substrates, such as glass, or a glass substrate, Si substrate, etc. is effective. In addition, when the optical waveguide which has PLC structure performs an operation of a **** turnout as an approach of materializing this approach, optical waveguide is not installed in the center of Faraday rotator and 1/2 wavelength plate, but it installs in the form shifted a little.

[0045] Drawing 7 (a) and (b) are the perspective views and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 7th operation gestalt of this invention, respectively. The optical isolator of the operation gestalt shown in this drawing forms the optical waveguide of PLC structure on a glass substrate, as mentioned above, and it constitutes it so that this optical waveguide may attain an operation of a **** turnout. In drawing 7 , 3a, 3b, and 9a and 9b are magnetic garnets which constitute 1/2 wavelength plate and Faraday rotator which were mentioned above, respectively, and 15a and 15b are optical waveguides which have PLC structure. Moreover, 7 is a substrate.

[0046] Thus, in the optical isolator constituted, it separates into two light in the field of PLC structure, and the transmitted light of the forward direction which carries out incidence from optical waveguide 15a which has left-hand side PLC structure penetrates the magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b independently, respectively, and they carry out incidence to optical waveguide 15b which has right-hand side PLC structure, and it is compounded by the PLC structured division, and carries out outgoing radiation from this optical waveguide 15b. And although 90 degrees of both phases will shift in case the transmitted light is separated by the PLC structured division of left-hand side optical waveguide 15a, in case this is re-compounded by the PLC structured division of right-hand side optical waveguide 15b, it is negated by the same phase shift being given, and does not affect a result.

[0047] Moreover, it is compounded by the PLC structured division of optical waveguide 15b, separate into two light, and the transmitted light of the hard flow which carries out incidence from right-hand side optical waveguide 15b penetrates the magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b independently, respectively. Incidence is carried out to optical waveguide 15b which has left-hand side PLC structure, in case it is re-compounded by the PLC structured division, it is denied mutually, and the interior of an optical isolator of an array mold cannot be penetrated.

[0048] In addition, with the operation gestalt shown in drawing 7 , the magnetic garnets 9a and 9b which constitute Faraday rotator may use the magnetic garnet which is the Faraday rotator of one apparatus as instead shown at drawing 1 , drawing 3 , and drawing 5 , although the component of the configuration carried out 2 ****s is used.

[0049] In the optical isolator of drawing 7 , the transmitted light carries out incidence to 1 / 2 wavelength-plate side linearly also with the optical waveguides 15a and 15b of the two right and left on a substrate 7, and incidence is carried out to the magnetic garnetsa [9] and 9b (Faraday rotator) side so that it may turn. It is possible by designing the configuration and area of this optical waveguide appropriately to be able to divide incident light into two separation light of the same optical reinforcement, and it to carry out incidence to 1/2 wavelength plate and a magnetic garnet separately, respectively. However, the separation light by the side of a magnetic garnet is behind in 90 degrees of phases. By forming such optical waveguide on a substrate, the **** turnout of this operation gestalt can be formed easily.

[0050] Drawing 8 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the

configuration of the optical isolator which starts the 8th operation gestalt of this invention, respectively. The optical isolator of the 8th operation gestalt shown in this drawing To the transmitted light, from a vertical plane, incline and the light transmission side of the optical element which consists of the magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b which are Faraday rotators in the optical isolator of the 2nd operation gestalt shown in drawing 2 is arranged. The points constituted so that this might prevent degradation of the optical property by the light reflex in the front face of an optical element differ, and other configurations, an operation, and effectiveness are the same as the optical isolator of the 2nd operation gestalt of drawing 2.

[0051] Drawing 9 (a) and (b) are the plans and drawings of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator which starts the 9th operation gestalt of this invention, respectively. The optical isolator of the 9th operation gestalt shown in this drawing To the transmitted light, from a vertical plane, incline and the light transmission side of the optical element which consists of the magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b which are Faraday rotators in the optical isolator of the 4th operation gestalt shown in drawing 4 is arranged. The points constituted so that this might prevent degradation of the optical property by the light reflex in the front face of an optical element like the optical isolator of the 8th operation gestalt of drawing 8 differ, and other configurations, an operation, and effectiveness are the same as the optical isolator of the 4th operation gestalt of drawing 4.

[0052] It can prevent that the reflected light on the front face of an optical element re-invades as a return light in optical waveguide by inclining and arranging the optical element which consists of magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b like the 8th and 9th operation gestalten. It is necessary to lean the inclination of this optical element in the direction which looks slanting in a plan. In contrast, if the direction to lean is kept as a direction (it sets to drawing 8 and drawing 9, and is the direction of a gate) which looks slanting in drawing of longitudinal section of each operation gestalt, since the rate of the light which penetrates a part for the joint of the upper and lower sides of an optical element among the transmitted lights of ***** increases, it will become the cause by which the optical property of an optical isolator deteriorates. Therefore, it must avoid leaning an optical element in this direction. In addition, in the case of the optical device which uses Faraday rotator and 1/2 wavelength plate, whenever [angle-of-inclination] is 4 degrees - 8 degrees in many cases.

[0053] The optical isolator of the 8th and 9th operation gestalten forms the slot on slanting in a substrate 7, arranges the optical element which becomes this slanting Mizouchi from the magnetic garnets 9a and 9b and 1/2 wavelength plates 3a and 3b, and is produced.

[0054] In addition, in the 8th and 9th operation gestalten, although the case where the optical waveguides 11a and 11b with a point ball lens and the magnetic garnets 9a and 9b are used is explained, the optical waveguides 1a and 1b which have the magnetic garnet 5 and TEC structure of one apparatus respectively like drawing 1 may be used for instead of [these].

[0055] Moreover, in each operation gestalt mentioned above, a means to impress a field to the magnetic garnet which is Faraday rotator is omitted on the Fig. for simplification of a drawing.

[0056]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, two or more 1st [by which the lens section was formed in the end], and 2nd optical waveguides are arranged in parallel so that each lens section may counter. Since the optical element which consists of Faraday rotator and 1/2 wavelength plate is arranged between this lens section that counters and the optical isolator of an array mold is constituted While carrying out optical adjustment of optical waveguide and the lens section beforehand, being able to unify, always being able to make the transmitted light between the lens sections into parallel light or what is close to it and improving the optical property of an optical isolator The optical adjustment between optical waveguide and the lens section becomes unnecessary at the time of assembly, and the adjustment after assembly becomes easy. Moreover, while the structure of holding the lens section separately is unnecessary and can be miniaturized, economization and improvement in an optical property can be aimed at by the miniaturization of an optical element.

[0057] Moreover, according to this invention, two or more pairs of 1st and 2nd optical waveguides by which the lens section was formed in the end are arranged in parallel so that each lens section may counter. Since in addition to arranging the optical element which

consists of Faraday rotator and 1/2 wavelength plate between this lens section that counters a **** branching means is established in the middle of two or more 1st and 2nd optical waveguides, respectively and branching composition of light is performed Since it becomes the separation light from which the transmitted light separated mutually with the **** branching means, and became independent of, it is not necessary to take into consideration reflection by the level difference structure of the edge of an optical element, and dispersion, and the optical isolator of the array mold which has the outstanding optical property can be constituted.

[0058] Furthermore, without establishing a **** branching means independently, since according to this invention two or more 1st [which has PLC structure], and 2nd optical waveguides are arranged in juxtaposition so that it may counter mutually, and the optical element which consists of Faraday rotator and 1/2 wavelength plate among both optical waveguides is arranged, branching of the transmitted light and composition can carry out with PLC structure, can be miniaturized, and can constitute the optical isolator of the array mold which has the outstanding optical property.

[0059] Since the light transmission side of Faraday rotator, 1st, and 2nd 1/2 wavelength plate inclines and is arranged from the perpendicular field to the transmitted light according to this invention, it can prevent that the reflected light in an optical element re-invades as a return light in optical waveguide, and the effect of the reflected light in the front face of an optical element can be reduced.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is the perspective view and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 8th operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] It is the plan and drawing of longitudinal section showing the configuration of the optical isolator concerning the 9th operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the configuration of the conventional optical isolator.

[Description of Notations]

1a, 1b Optical waveguide which has TEC structure

1c, 1d, 11c, 11d Lens section

3a, 3b 1/2 wavelength plate

5, 9a, 9b Magnetic garnet (Faraday rotator)

7 Substrate

11a, 11b Optical waveguide with a point ball lens

13a, 13b **** turnout

15a, 15b Optical waveguide which has PLC structure

[Translation done.]

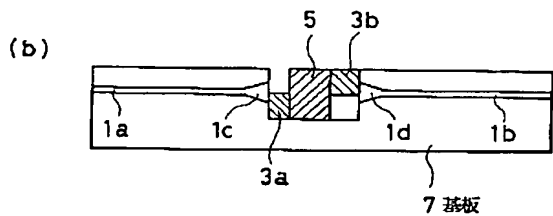
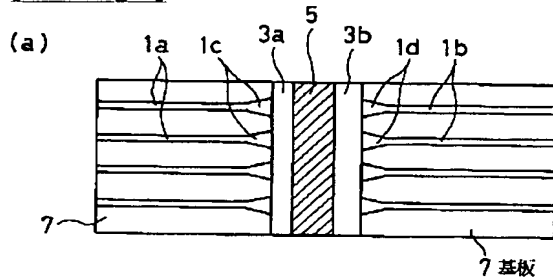
* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

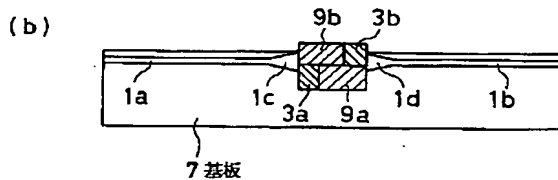
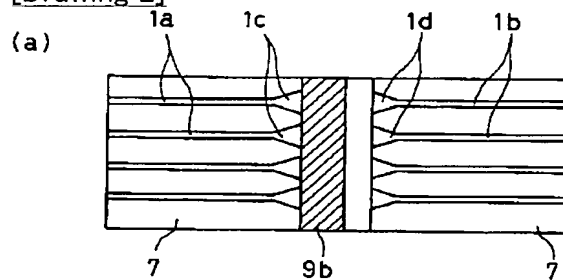
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

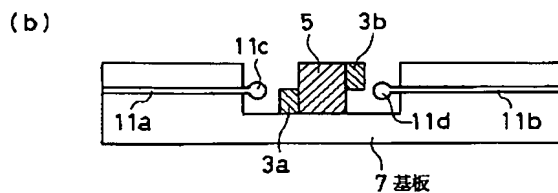
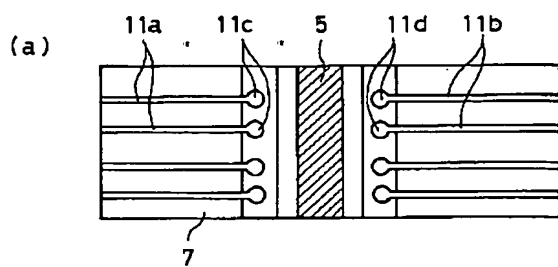
[Drawing 1]



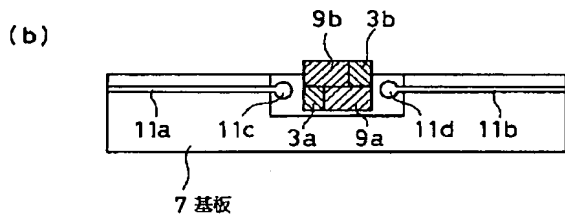
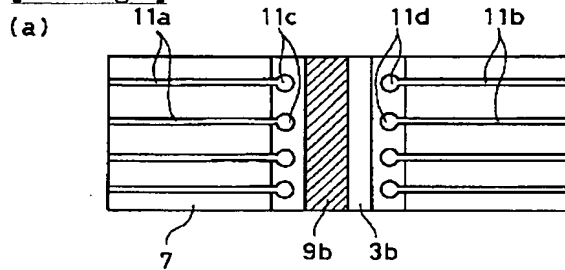
[Drawing 2]



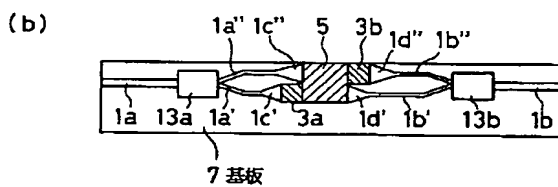
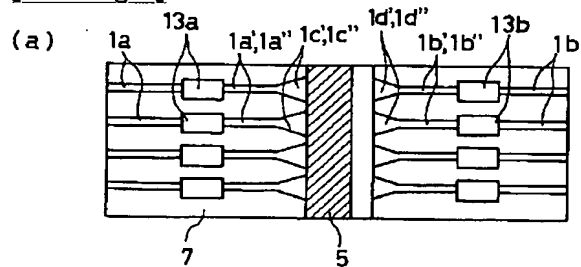
[Drawing 3]



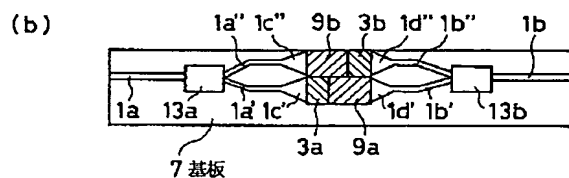
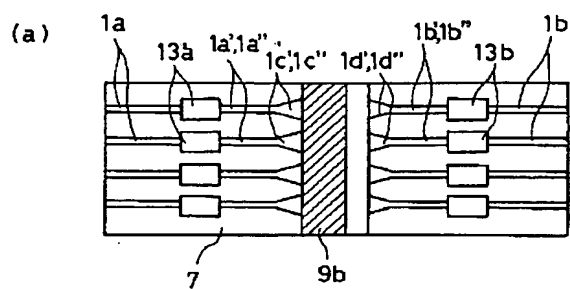
[Drawing 4]



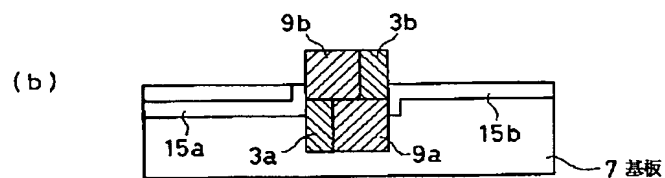
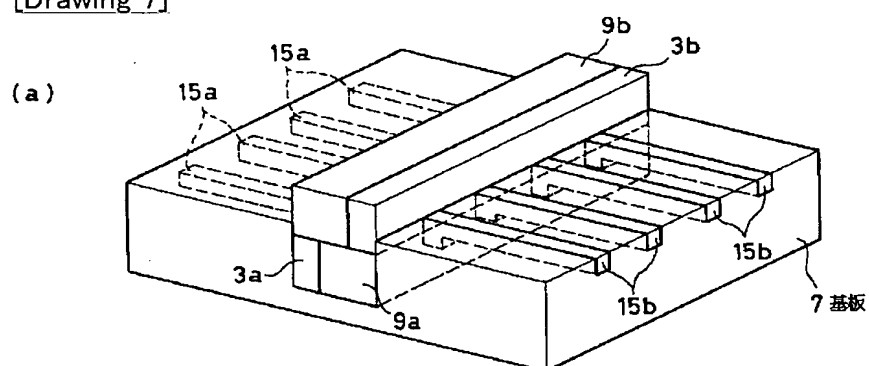
[Drawing 5]



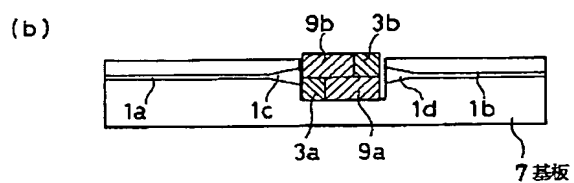
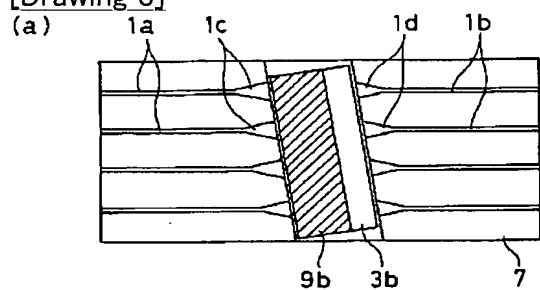
[Drawing 6]



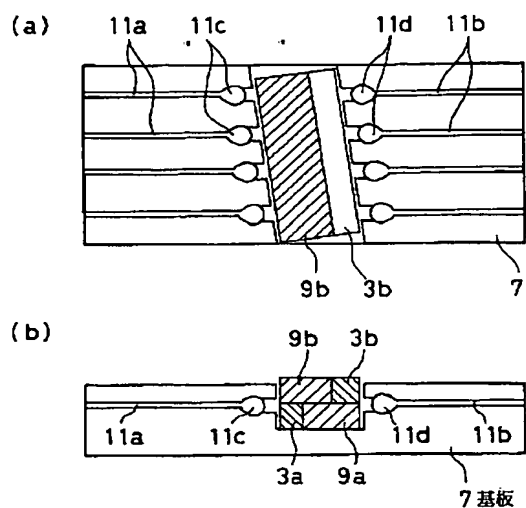
[Drawing 7]



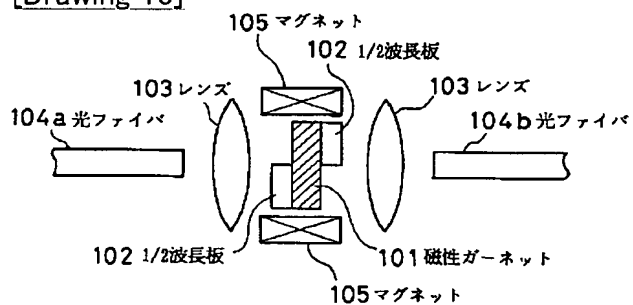
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-52293

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.⁸

G 0 2 B 27/28

識別記号

F I

G 0 2 B 27/28

A

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平9-212016

(22)出願日 平成9年(1997) 8月6日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(71)出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(72)発明者 新宅 敏宏

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 下小園 真

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

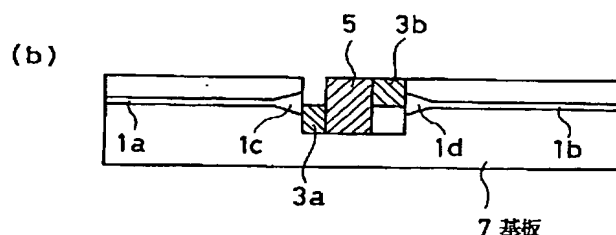
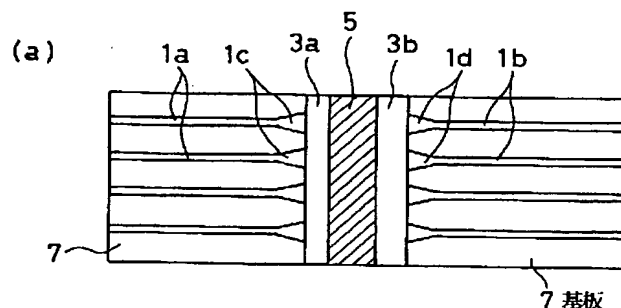
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光アイソレータ

(57)【要約】

【課題】 組立時の光学的位置合わせを容易化するとともに、小型化および経済化を図った光アイソレータを提供する。

【解決手段】 T E C構造を有する光導波路1 aからの順方向の光はレンズ部1 cで平行光となって、第1の半分の光は1/2波長板3 a、磁性ガーネット5を透過し、レンズ部1 dに入射し、また第2の半分の光は磁性ガーネット5、1/2波長板3 bを透過してレンズ部1 dに入射して、第1の半分の光と合成され、光導波路1 bを通して出射する。また、光導波路1 bからの逆方向の透過光はレンズ部1 dで平行光となり、第1の半分の光は磁性ガーネット5、1/2波長板3 aを透過してレンズ部1 cに入射し、第2の半分の光は1/2波長板3 b、磁性ガーネット5を透過してレンズ部1 cに入射し、第1の半分の光と互いに打ち消し合って透過できない。



【特許請求の範囲】

・【請求項 1】 各々の一端にレンズ部が形成され、並行に配設された第 1 の複数の光導波路と、
 該第 1 の複数の光導波路のそれぞれの前記レンズ部に対向してレンズ部が各々の一端に形成され、並行に配設されている第 2 の複数の光導波路と、
 前記第 1 および第 2 の複数の光導波路のレンズ部の間に配設されているファラデー回転子と、
 前記第 1 の複数の光導波路の各レンズ部からの光の第 1 の半分が透過し、第 2 の半分の光は前記ファラデー回転子を直接透過するように前記第 1 の複数の光導波路のレンズ部に対向する前記ファラデー回転子の第 1 の面の第 1 の半分側に接合された第 1 の $1/2$ 波長板と、
 前記ファラデー回転子の前記第 1 の面と反対側の第 2 の面の第 2 の半分側に接合され、該ファラデー回転子の第 2 の面の第 2 の半分側からの前記第 2 の半分の光が透過して、前記第 2 の複数の光導波路のレンズ部に入射し、前記ファラデー回転子からの前記第 1 の半分の光は直接前記第 2 の複数の光導波路のレンズ部に入射する第 2 の $1/2$ 波長板と、
 前記ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段とを有することを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 2】 並行に配設された第 1 の複数の光導波路と、
 該第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端にそれぞれの一方の側が接続され、該それぞれの一方の側から入射した光をそれぞれ 2 つに分岐してそれぞれの対の他方の側から出射し、それぞれの対の他方の側から入射した光を合成してそれぞれの一方の側から出射する第 1 の複数の光合分岐手段と、
 該第 1 の複数の光合分岐手段によって分岐された第 1 および第 2 の光をそれぞれ別々に導くべく該第 1 の複数の光合分岐手段のそれぞれの対の他方の側にそれぞれの対の一端が接続され、それぞれの対の他端に對のレンズ部がそれぞれ形成されている第 1 の複数の光導波路と、
 該第 1 の複数の光導波路のそれぞれの対の他端に形成された前記それぞれの対のレンズ部にそれぞれ対向して對のレンズ部がそれぞれの対の一端に形成され、並行に配設されている第 2 の複数の光導波路と、
 該第 2 の複数の光導波路のそれぞれの対の他端にそれぞれの対の一方の側が接続されて、該第 2 の複数の光導波路のそれぞれの対の他端からそれぞれの対の一方の側に入射する光を合成して、それぞれの他方の側から出射し、それぞれの他方の側から入射した光をそれぞれ 2 つに分岐してそれぞれの対の一方の側から出射する第 2 の複数の光合分岐手段と、
 該第 2 の複数の光合分岐手段の他方の側に接続され、並行に配設された第 2 の複数の光導波路と、
 前記第 1 および第 2 の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の間に配設され、前記第 1 の複数の光導波

路のそれぞれの対のレンズ部の各一方のレンズ部からの光が一方の側に直接入射し、前記第 2 の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各一方のレンズ部からの光が他方の側に直接入射するファラデー回転子と、
 該ファラデー回転子の一方の面と前記第 1 の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各他方のレンズ部との間に配設されている第 1 の $1/2$ 波長板と、
 前記ファラデー回転子の他方の面と前記第 2 の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各他方のレンズ部との間に配設されている第 2 の $1/2$ 波長板と、
 前記ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段とを有することを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 3】 前記第 1 および第 2 の複数の光導波路および前記第 1 および第 2 の複数の光導波路は、前記レンズ部として拡大部を有する T E C 構造の光導波路であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光アイソレータ。

【請求項 4】 前記第 1 および第 2 の複数の光導波路および前記第 1 および第 2 の複数の光導波路は、前記レンズ部として先球レンズを有する先球レンズ付き光導波路であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光アイソレータ。

【請求項 5】 並行に配設された P L C 構造を有する第 1 の複数の光導波路と、
 該第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端に各々の一端が対向して並行に配設された P C L 構造を有する第 2 の複数の光導波路と、
 前記第 1 および第 2 の複数の光導波路の対向端部の間に配設されているファラデー回転子と、
 前記第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端からの光の第 1 の半分が透過し、第 2 の半分の光は前記ファラデー回転子を直接透過するように前記第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端に対向する前記ファラデー回転子の第 1 の面の第 1 の半分側に接合された第 1 の $1/2$ 波長板と、
 前記ファラデー回転子の前記第 1 の面と反対側の第 2 の面の第 2 の半分側に接合され、該ファラデー回転子の第 2 の面の第 2 の半分側からの前記第 2 の半分の光が透過して、前記第 2 の複数の光導波路に入射し、前記ファラデー回転子からの前記第 1 の半分の光は直接前記第 2 の複数の光導波路に入射する第 2 の $1/2$ 波長板と、
 前記ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段とを有することを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 6】 前記ファラデー回転子および前記第 1 および第 2 の $1/2$ 波長板の光透過面は透過光に対して垂直な面から傾斜して配設されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光アイソレータ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、順方向の透過光の

みを低損失で透過し、逆方向の戻り光を遮断する光アイソレータに関し、特に光受動部品として主に光通信関連で光信号の経路の整理に使用される光アイソレータに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信システムにおいては、近年光信号を電気信号に置き換えることなく光信号のままで直接増幅を行う光ファイバ増幅器の使用が検討されている。この場合、増幅器内に特定の長さのEr添加光ファイバを設置し、そこに増幅する信号光と励起光とを透過させて増幅光を得る。光ファイバ増幅器には順方向の透過光のみを低損失で透過させ、かつ逆方向の戻り光を遮断する光アイソレータの使用が不可欠となっている。

【0003】光アイソレータには順方向の透過光のうち特定の偏光成分のみを透過させる偏光依存型と、透過光の全成分を透過する偏光無依存型とがある。光通信システムでは両方の光アイソレータが使われるが、偏光依存型は光通信用レーザの直近、偏光無依存型は信号光が透過する光ファイバの中間へと使い分けられることが多い。このうち構成が比較的複雑な偏光無依存型光アイソレータについては、従来より複屈折平行平板を用いるタイプ（特開昭54-159245号）、テーパ状の複屈折板を用いるタイプ（特公昭61-58809号）などいくつかの構造が提案されてきた。

【0004】図10に示す偏光無依存型光アイソレータの例は、新宅らによって提案された（1997春電子情報通信学会総合大会 C-3-98, p283, 新構造の偏光無依存光アイソレータ）もので、1つのファラデー回転子である磁性ガーネット101、2つの1/2波長板102、および2つのレンズ機構103を有して、かつ両端が光ファイバ104a、104bで構成される光アイソレータである。また、105は磁性ガーネット101に磁界を印加するマグネットである図10の光アイソレータでは透過光を分離する際に、互いに直交する偏光成分の光に分離するのではなく、偏光成分が混合した同じ強度の光に分離する。2種の分離光は同じ偏光成分をそれぞれ同量だけ含み、光ファイバ104aから入射した順方向透過光の場合、出射側レンズ透過後に光ファイバ104bの端面にて再び合成される。この場合、合成される2分離光は互いに強め合う関係になっているので、透過光は減衰せずにそのまま光アイソレータを通り抜けることになる。なお、2枚のレンズ103間のファラデー回転子である磁性ガーネット101、1/2波長板102を透過する際の光は平行光であることが最も望ましい。

【0005】一方、この光アイソレータにおいて逆方向の透過光の場合には、光ファイバ104bの透過後に分離した光は、光ファイバ104a端にて合成される際に互いに打ち消し合う関係になっている。そのため逆方向透過光がこの光ファイバ104a内を透過することなく、この光デバイスが光アイソレータとして機能するこ

とがわかる。

【0006】ところで、近年は1本の光ファイバ中を複数の波長の光信号を同時に透過させる波長多重信号(WDM)技術が進み、複数の光信号に対し同時に処理が可能な光デバイスが求められている。光アイソレータにおいても同時に複数の光信号を独立に処理する並列型の構造とすることが求められており、同一構造の光アイソレータを複数個横に並べたアレイ型の構造が提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、WDM技術の発展に伴い、複数の光信号を同時に処理しうるアレイ型の光アイソレータが要望されているが、このアレイ型の光アイソレータに上述した図10に示す偏光無依存型光アイソレータを使用した場合、次のような問題が生じる。

【0008】すなわち、図10に示す偏光無依存型光アイソレータでは、2つの分離光は互いに離れた状態で全く異なる経路を辿るのではなく、実際には大きく広がった1つの平行光、もしくはそれに準じた透過光のおおの半分となると考えられる。透過光の2種の光が互いに異なる光学素子を透過した後に再び1つの光に合成されるので、2つに分離されるとの表記を行ったが、実際には両分離光の境界部は連続しており、それどころかこの境界部は光透過領域の中央部に位置するために透過光の光強度が通常は最大の領域であると考えられる。そのような透過光が互いに異なる光学素子である1/2波長板を透過するのであるから、光学素子の側面部分域を透過した光が散乱したり、干渉したりという不規則な振舞いをすることが十分に考えられる。このような光の影響は特に逆方向の透過光の場合に顕著になるものと考えられる。

【0009】この散乱光をゼロにすることは光アイソレータの構造上非常に難しい。このような散乱光をさらに増加してしまう要因としては、①2枚のレンズ間の透過光が平行光でない場合、透過光が光学素子端面に斜め方向から入射する（平行光であれば透過光と素子端面とが平行になるので、端面で反射・散乱する光量は非常に小さい）、②2分離光の透過経路中では1/2波長板の設置位置が構造上異なっているために、入射時の2分離光の光学素子端面が揃っておらず、その段差状の領域が反射・散乱のもとになってしまう、③独立したレンズを光路内に設置するには、そのホルダとなる部分も含め、ある程度の容積が光路内にどうしても必要であり、結果として両光ファイバ104a、104b間の光学的距離が長くなってしまう、④ファラデー回転子の表裏に設置される1/2波長板の接着固定に必要な精密な位置合わせが困難であり、また両光学素子はそれぞれファラデー回転子の半分の大きさであるので、接合時の接合剤のわずかな溢れが透過光を散乱させるなどの理由が考えられ

る。

【0010】この問題はアレイ型の光アイソレータにおいても同様に生じるもので、特にアレイ型の場合、光学的な位置合わせを多数の光アイソレータ構成の全てに対し行わなければならないため、光学的調整が困難である点がとくに大きな問題である。アレイ型光アイソレータの場合、光学素子の組立時の光学的な位置合わせは全ての光アイソレータ構成に対し、同時に1回のみの実施で完了させる構造であることが求められる。

【0011】本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、組立時の光学的位置合わせを容易化するとともに、小型化および経済化を図った光アイソレータを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の本発明は、各々の一端にレンズ部が形成され、並行に配設された第1の複数の光導波路と、該第1の複数の光導波路のそれぞれの前記レンズ部に対向してレンズ部が各々の一端に形成され、並行に配設されている第2の複数の光導波路と、前記第1および第2の複数の光導波路のレンズ部の間に配設されているファラデー回転子と、前記第1の複数の光導波路の各レンズ部からの光の第1の半分が透過し、第2の半分の光は前記ファラデー回転子を直接透過するように前記第1の複数の光導波路のレンズ部に対向する前記ファラデー回転子の第1の面の第1の半分側に接合された第1の1/2波長板と、前記ファラデー回転子の前記第1の面と反対側の第2の面の第2の半分側に接合され、該ファラデー回転子の第2の面の第2の半分側からの前記第2の半分の光が透過して、前記第2の複数の光導波路のレンズ部に入射し、前記ファラデー回転子からの前記第1の半分の光は直接前記第2の複数の光導波路のレンズ部に入射する第2の1/2波長板と、前記ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段とを有することを要旨とする。

【0013】請求項1記載の本発明にあつては、第1の複数の光導波路からの順方向の透過光はそのレンズ部で平行光となり、その第1の半分の光は第1の1/2波長板、ファラデー回転子を介して第2の複数の光導波路のレンズ部に入射し、また第2の半分の光はファラデー回転子、第2の1/2波長板を介して第2の複数の光導波路のレンズ部に入射して、第1の半分の光と合成され、第2の複数の光導波路を透過して出射し、また第2の複数の光導波路からの逆方向の透過光はそのレンズ部で平行光となり、その第1の半分の光はファラデー回転子、第1の1/2波長板を介して第1の複数の光導波路のレンズ部に入射し、また第2の半分の光は第2の1/2波長板、ファラデー回転子を介して第1の複数の光導波路のレンズ部に入射して、第1の半分の光と互いに打ち消し合って透過できない。

【0014】また、請求項2記載の本発明は、並行に配設された第1の複数の光導波路と、該第1の複数の光導波路のそれぞれの一端にそれぞれの一方の側が接続され、該それぞれの一方の側から入射した光をそれぞれ2つに分岐してそれぞれの対の他方の側から出射し、それぞれの対の他方の側から入射した光を合成してそれぞれの一方の側から出射する第1の複数の光合分岐手段と、該第1の複数の光合分岐手段によって分岐された第1および第2の光をそれぞれ別々に導くべく該第1の複数の光合分岐手段のそれぞれの対の他方の側にそれぞれの対の一端が接続され、それぞれの対の他端に對のレンズ部がそれぞれ形成されている第1の複数の光導波路と、該第1の複数の光導波路のそれぞれの対の他端に形成された前記それぞれの対のレンズ部にそれぞれ対向して對のレンズ部がそれぞれの対の一端に形成され、並行に配設されている第2の複数の光導波路と、該第2の複数の光導波路のそれぞれの対の他端にそれぞれの対の一方の側が接続されて、該第2の複数の光導波路のそれぞれの対の他端からそれぞれの対の一方の側に入射する光を合成して、それぞれの他方の側から出射し、それぞれの他方の側から入射した光をそれぞれ2つに分岐してそれぞれの対の一方の側から出射する第2の複数の光合分岐手段と、該第2の複数の光合分岐手段の他方の側に接続され、平行に配設された第2の複数の光導波路と、前記第1および第2の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の間に配設され、前記第1の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各一方のレンズ部からの光が一方の側に直接入射し、前記第2の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各一方のレンズ部からの光が他方の側に直接入射するファラデー回転子と、該ファラデー回転子の一方の面と前記第1の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各他方のレンズ部との間に配設されている第1の1/2波長板と、前記ファラデー回転子の他方の面と前記第2の複数の光導波路のそれぞれの対のレンズ部の各他方のレンズ部との間に配設されている第2の1/2波長板と、前記ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段とを有することを要旨とする。

【0015】請求項2記載の本発明にあつては、第1の複数の光導波路からの順方向の透過光は第1の光合分岐手段で分岐され、この分岐された第1および第2の光は第1の複数の光導波路を介してそのレンズ部で平行光となり、第1の光は第1の1/2波長板、ファラデー回転子、第2の複数の光導波路のレンズ部の一方、第2の複数の光導波路の一方を透過して第2の光合分岐手段に至り、第2の光はファラデー回転子、第2の1/2波長板、第2の複数の光導波路のレンズ部の他方、第2の複数の光導波路の他方を透過して第2の光合分岐手段に至って、第1の光と合成され、第2の複数の光導波路から出射し、また第2の複数の光導波路からの逆方

向の透過光は第 2 の光合分岐手段で分岐され、この分岐された第 1 および第 2 の光は第 2 の複数対の光導波路を介してそのレンズ部で平行光となり、第 1 の光はファラデー回転子、第 1 の 1/2 波長板、第 1 の複数対の光導波路のレンズ部の一方、第 1 の複数対の光導波路の一方を透過して第 1 の光合分岐手段に至り、第 2 の光は第 2 の 1/2 波長板、ファラデー回転子、第 1 の複数対の光導波路のレンズ部の他方、第 2 の複数対の光導波路の他方を透過して第 1 の光合分岐手段に至って、第 1 の光と互いに打ち消し合って透過できない。

【0016】更に、請求項 3 記載の本発明は、請求項 1 または 2 記載の発明において、前記第 1 および第 2 の複数の光導波路および前記第 1 および第 2 の複数対の光導波路が、前記レンズ部として拡大部を有する TEC 構造の光導波路であることを要旨とする。

【0017】請求項 4 記載の本発明は、請求項 1 または 2 記載の発明において、前記第 1 および第 2 の複数の光導波路および前記第 1 および第 2 の複数対の光導波路が、前記レンズ部として先球レンズを有する先球レンズ付き光導波路であることを要旨とする。

【0018】また、請求項 5 記載の本発明は、並行に配設された PLC 構造を有する第 1 の複数の光導波路と、該第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端に各々の一端が対向して並行に配設された PCL 構造を有する第 2 の複数の光導波路と、前記第 1 および第 2 の複数の光導波路の対向端部の間に配設されているファラデー回転子と、前記第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端からの光の第 1 の半分が透過し、第 2 の半分の光は前記ファラデー回転子を直接透過するように前記第 1 の複数の光導波路のそれぞれの一端に対向する前記ファラデー回転子の第 1 の面の第 1 の半分側に接合された第 1 の 1/2 波長板と、前記ファラデー回転子の前記第 1 の面と反対側の第 2 の面の第 2 の半分側に接合され、該ファラデー回転子の第 2 の面の第 2 の半分側からの前記第 2 の半分の光が透過して、前記第 2 の複数の光導波路に入射し、前記ファラデー回転子からの前記第 1 の半分の光は直接前記第 2 の複数の光導波路に入射する第 2 の 1/2 波長板と、前記ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段とを有することを要旨とする。

【0019】請求項 5 記載の本発明にあつては、PLC 構造を有する第 1 の複数の光導波路からの順方向の透過光は PLC 構造で 2 光に分離され、第 1 の半分の光は第 1 の 1/2 波長板、ファラデー回転子を透過して、PLC 構造を有する第 2 の複数の光導波路に至り、また第 2 の半分の光はファラデー回転子、第 2 の 1/2 波長板を透過して、PLC 構造を有する第 2 の複数の光導波路に至って、第 1 の半分の光と合成され、第 2 の複数の光導波路から出射され、第 2 の複数の光導波路からの逆方向の透過光は PCL 構造で 2 光に分離され、第 1 の半分の光はファラデー回転子、第 1 の 1/2 波長板を透過し

て、第 2 の複数の光導波路に至り、第 2 の半分の光は第 2 の 1/2 波長板、ファラデー回転子を透過して、第 2 の複数の光導波路に至って、該第 2 の複数の光導波路の PLC 構造で合成される際に第 1 の半分の光と互いに打ち消し合って透過できない。

【0020】更に、請求項 6 記載の本発明は、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の発明において、前記ファラデー回転子および前記第 1 および第 2 の 1/2 波長板の光透過面が透過光に対して垂直な面から傾斜して配設されていることを要旨とする。

【0021】請求項 6 記載の本発明にあつては、ファラデー回転子および第 1 および第 2 の 1/2 波長板の光透過面は透過光に対して垂直な面から傾斜して配設されているため、光学素子での反射光が光導波路内に戻り光として再侵入することを防止することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0023】図 1 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 1 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図において、1a および 1b は TEC (Thermal Expanded Core) 構造を有する光導波路であり、それぞれの各一端にはそのコア部を加熱によって拡大して形成されたレンズ部 1c, 1d が設けられている。3a および 3b は 1/2 波長板であり、5 はファラデー回転子である磁性ガーネット 5 であり、7 は基板である。なお、同図においては、ファラデー回転子である磁性ガーネット 5 に磁界を印加する手段は省略されている。

【0024】このように構成される光アイソレータにおいて、TEC 構造を有する複数の光導波路 1a からの順方向の透過光は、そのレンズ部 1c で平行光となって、その第 1 の半分の光は 1/2 波長板 3a、ファラデー回転子である磁性ガーネット 5 を順に透過し、1/2 波長板 3b を透過することなく、レンズ部 1d に入射し、また第 2 の半分の光は 1/2 波長板 3a を透過することなく、ファラデー回転子である磁性ガーネット 5、1/2 波長板 3b を順に透過してレンズ部 1d に入射して、第 1 の半分の光と合成され、光導波路 1b を通って出射する。

【0025】また、TEC 構造を有する光導波路 1b からの逆方向の透過光は、そのレンズ部 1d で平行光となり、その第 1 の半分の光は磁性ガーネット 5、1/2 波長板 3a を透過してレンズ部 1c に入射し、また第 2 の半分の光は 1/2 波長板 3b、磁性ガーネット 5 を透過してレンズ部 1c に入射して、第 1 の半分の光と互いに打ち消し合って透過できない。

【0026】なお、レンズ部 1c, 1d は、光ファイバのコア部を加熱することによって数倍の直径に拡大することによりレンズとしての機能をもたせたものであり、

T E C 構造を有する光導波路 1 a, 1 b のうち光ファイバを用いたものはコア拡大ファイバとも呼ばれる。そして、T E C 構造を有する光導波路 1 a から出射する光は平行光となる。

【0027】本実施形態において、1/2 波長板 3 a, 3 b および磁性ガーネット 5 は光学素子を構成するが、通信波長帯域である 1.55 μm の透過光を想定すると、磁性ガーネット 5 の厚さは一般に約 500 μm であり、1/2 波長板 3 a, 3 b が水晶製である場合には、その厚さは各々約 90 μm である。

【0028】本実施形態の光アイソレータは、図 10 に示した従来の光アイソレータに対して、T E C 構造によりレンズ部 1 c, 1 d を一体的に有する光導波路 1 a, 1 b を複数並列して設けることにより、アレイ化した光アイソレータを構成している。そして、レンズ部 1 c, 1 d が光導波路 1 a, 1 b である光ファイバと一体的に設けられているため、組立時の光学的位置合わせ作業や光学的調整が容易であるとともに、光アイソレータの全長が短くなって、小型化でき、またこれに伴い使用する各光学素子の面積を小さくでき、コストダウンを図ることができる。上述した 1.55 μm の透過光を想定した場合には、両側の光導波路 1 a, 1 b の間の距離は 1 m 以下にすることができる。

【0029】すなわち、本実施形態の光アイソレータでは、レンズ部 1 c, 1 d を一体的に有する T E C 構造の光導波路 1 a, 1 b により光導波路とレンズ部の光学的調整を前もって行うことができるため、光アイソレータの組立時の光学的位置合わせ作業を容易化しうるとともに、光学素子の構成を小型化できる。また、各光導波路のレンズ部 1 c, 1 d 間の透過光が常に平行光またはそれに近い状態に維持され、光アイソレータの光学的特性を向上しうる上に、組立時のレンズ部 1 c, 1 d と光導波路 1 a, 1 b との間の光学的調整が不要であるため、組立後の調整が容易となり、またレンズ部を別途保持する構造が不要であるため、非常に小さな素子で十分であり、光アイソレータの全長を短くすることができる。更に、1つの光アイソレータ構造に必要なファラデー回転子および 1/2 波長板からなる光学素子の占有面積を小さくでき、経済化を図ることができる。また、本実施形態のようなアレイ型光アイソレータにおいては、光学素子のみを共通に使用し、多数の独立した光入出射端を配設し、多数の独立した光アイソレータ機能を具備することができ、光アイソレータ構造 1 つ当りの光学素子の占有面積を低下できるとともに、同じ大きさの光学素子に対してアレイ化できる光アイソレータ構造の数を増加することができる。

【0030】図 2 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 2 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 2 の実施形態の光アイソレータは、図 1 に示した光アイソレータにおい

てファラデー回転子を構成する磁性ガーネット 5 を上下に 2 分割して第 1 および第 2 の磁性ガーネット 9 a, 9 b で構成した点が異なるものであり、その他の構成、作用、効果は上述した第 1 の実施形態の光アイソレータと同じである。

【0031】本第 2 の実施形態の光アイソレータに使用されている 1/2 波長板 3 a, 3 b および磁性ガーネット 9 a, 9 b からなる光学素子は、上下に 2 等分した形で作製されているが、これはまず長方形のファラデー回転子である磁性ガーネット 9 および同じ形状の 1/2 波長板 3 を貼り合わせ、これを 2 つ以上に切断し、それからその中の 2 個ずつ、すなわち磁性ガーネット 9 a, 9 b および 1/2 波長板 3 a, 3 b を取り出して組み合わせで構成したものである。そして、これらの磁性ガーネット 9 a, 9 b および 1/2 波長板 3 a, 3 b は同じブロックから切り出した素子であることが望ましく、その場合は両光学素子である磁性ガーネット 9 a, 9 b と 1/2 波長板 3 a, 3 b の厚さは等しく、ファラデー回転角および 1/2 波長板の光軸の向きも互いに等しい。なお、アレイ型光アイソレータであるので、この切り出して組み合わせた素子の形状は細長い長方形であることが望ましい。

【0032】このような光学素子を用いることにより、両光学素子の接続箇所での段差をほとんどゼロにすることができる。この接続箇所を透過する光の散乱、屈折の原因の 1 つはこの段差の存在であるから、この段差を解消することにより光アイソレータの挿入損失、アイソレーション等の光学特性を向上することができる。上述した第 1 の実施形態の場合と同様に、通信波長帯域の 1.55 μm の透過光を想定した場合、磁性ガーネット 9 a, 9 b の厚さは一般に約 500 μm であり、1/2 波長板 3 a, 3 b が水晶製である場合にはその厚さは各々約 90 μm であるので、中央部の光学素子の厚さは本実施形態では約 600 μm 程度となり、上述した実施形態の場合より 100 μm 弱短くなる。なお、上下 2 段の光学素子において、1/2 波長板 3 a, 3 b の光軸の向きはそのなす角が 45° または 135° であることが条件である。同一の光学素子ブロックから切り出した素子で構成する場合は光軸が接続箇所の面に対称な向きとなっているので、光軸の傾きも接続箇所の面を基準として $\pm 22.5^\circ$ または $\pm 67.5^\circ$ ($= \pm 22.5^\circ + \pm 45^\circ$) である必要がある。

【0033】次に、上述したように構成される第 1 および第 2 の実施形態のアレイ型の光アイソレータを組み立てる方法について説明する。まず、ガラスまたは S i 等からなる基板 7 上に導波路構造を並行に複数本形成し、その後加熱処理等の方法で各導波路の一部を拡大し、T E C 構造を有する光導波路とする。それから、拡大された各光導波路の中央部分を溝状に掘り下げて、T E C 構造を有する光導波路を切断し、この溝の中にファラデー

回転子である磁性ガーネット 5 および 1/2 波長板 3 a, 3 b を組み合わせた細長い光学素子を配設し、微調整を行って固定する。

【0034】この方法では両側の T E C 構造を有する光導波路 1 a, 1 b 同士を移動させて光学的調整を行うことはできないが、両側の T E C 構造を有する光導波路 1 a, 1 b は必ず対向する位置に設置されているので、T E C 構造を有する光導波路 1 a, 1 b の作製時にその結合効率が十分に得られるように留意すれば、光導波路 1 a, 1 b 同士を移動させる光学的調整は特に必要ではない。このようにして、本実施形態のアレイ型の光アイソレータを効率よく作製することができる。

【0035】図 3 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 3 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 3 の実施形態の光アイソレータは、上述した図 1 に示した第 1 の実施形態の光アイソレータにおいて T E C 構造を有する光導波路 1 a, 1 b の代わりにレンズ部 1 1 c, 1 1 d が一体的に形成された先球レンズ付き光導波路 1 1 a, 1 1 b を使用した点異なるものであり、その他の構成、作用、効果は第 1 の実施形態の光アイソレータと同じである。

【0036】先球レンズ付き光導波路 1 1 a, 1 1 b は、光ファイバのコア部の先端に直径数 10 ~ 数 100 μm の球状のレンズ部 1 1 c, 1 1 d を接着または融着した構造であり、適切な設計をすれば、その出射光を平行光とすることができる。

【0037】図 4 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 4 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 4 の実施形態の光アイソレータは、図 3 に示した光アイソレータにおいてファラデー回転子を構成する磁性ガーネット 5 を上下に 2 分割して第 1 および第 2 の磁性ガーネット 9 a, 9 b で構成した点異なり、図 2 に示した第 2 の実施形態の磁性ガーネット 9 a, 9 b のように構成したものであり、その他の構成、作用、効果は上述した第 1 ~ 第 3 の実施形態の光アイソレータと同じである。

【0038】次に、上述したように構成される第 3 および第 4 の実施形態のアレイ型の光アイソレータを組み立てる方法について説明する。本実施形態において、基板 7 の溝加工後に先球レンズ付き光導波路 1 1 a, 1 1 b を作製することは困難であるため、上述した第 1 および第 2 の実施形態の光アイソレータを作製する上述した方法は実際的ではない。従って、第 3 および第 4 の実施形態のように、先球レンズ付き光導波路 1 1 a, 1 1 b を使用する光アイソレータの場合には、基板 7 上に並行な V 字形溝を複数本形成し、これらの溝に直交する向きに光学素子用の溝を作製し、そこに細長い形状の光学素子を配設する方法などが考えられるが、この場合各光アイソレータ構成部毎に光学的調整が必要となる。光結合効

率の比較的優れた先球レンズ付き光導波路 1 1 a, 1 1 b を用いる光アイソレータを作製する方法は組立の容易性の面では問題があるものの、光アイソレータの光学的特性の面では有利であると考えられる。

【0039】図 5 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 5 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 5 の実施形態の光アイソレータは、図 1 に示す第 1 の実施形態の光アイソレータにおいて光導波路 1 a, 1 b の途中にそれぞれ第 1 および第 2 の光合分岐器 1 3 a, 1 3 b を設けた点が大きく異なるとともに、これらの光合分岐器 1 3 a, 1 3 b の分岐出力端と磁性ガーネット 5 および 1/2 波長板 3 a, 3 b からなる光学素子との間をそれぞれ複数対の T E C 構造を有する光導波路 1 a', 1 a'' : 1 b', 1 b'' で接続し、該複数対の光導波路の光学素子側の端部にそれぞれレンズ部 1 c', 1 c'' : 1 d', 1 d'' が形成されている点異なるものである。

【0040】このように構成されるアレイ型の光アイソレータにおいて、複数の光導波路 1 a からの順方向の透過光は、それぞれ第 1 の光合分岐器 1 3 a によって同一強度、位相、偏光度の 2 つの光に分岐され、この分岐された第 1 および第 2 の光はそれぞれ独立に T E C 構造を有する複数対の光導波路 1 a', 1 a'' を介してそのレンズ部 1 c', 1 c'' で平行光となり、第 1 の光は 1/2 波長板 3 a、ファラデー回転子を構成する磁性ガーネット 5 を透過し、また第 2 の光は磁性ガーネット 5、1/2 波長板 3 b を透過する。それから、さらに第 1 および第 2 の光はそれぞれ複数対のレンズ部 1 d', 1 d''、複数対の光導波路 1 b', 1 b'' を透過して第 2 の光合分岐器 1 3 b に至り、該第 2 の光合分岐器 1 3 b において第 1 および第 2 の光は合成され、複数の光導波路 1 b から出射される。また、複数の光導波路 1 b からの逆方向の透過光は第 2 の光合分岐器 1 3 b で分岐され、この分岐された第 1 および第 2 の光は複数対の光導波路 1 b', 1 b'' を介してそのレンズ部 1 d', 1 d'' で平行光となり、第 1 の光は磁性ガーネット 5、1/2 波長板 3 a、レンズ部 1 c' の一方、光導波路 1 a' を透過して第 1 の光合分岐器 1 3 a に至り、第 2 の光は 1/2 波長板 3 b、磁性ガーネット 5、レンズ部 1 c''、光導波路 1 a'' を透過して第 1 の光合分岐器 1 3 a に至り、第 1 の光と互いに打ち消し合って透過できない。

【0041】なお、図 5 に示す第 5 の実施形態の光アイソレータでは、T E C 構造を有する光導波路 1 a', 1 a'' および光導波路 1 b', 1 b'' を使用しているが、この代わりに先球レンズ付き光導波路、その他の構成要素を使用してもよいものである。

【0042】図 6 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 6 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 6 の実施形態の

光アイソレータは、図 5 に示した第 5 の実施形態の光アイソレータにおいて、ファラデー回転子として一体型の磁性ガーネット 5 の代わりに図 2、図 4 に示したように 2 分割された磁性ガーネット 9 a, 9 b を使用した点が異なるものであり、その他の構成、作用、効果は同じである。

【0043】また、第 5 および第 6 の実施形態の光アイソレータの利点は、光合分岐器透過後の 2 分離光がそれぞれ独立に光学素子に導かれる点であり、このために上下の光学素子の接続箇所面の近傍を透過する光がほぼゼロとなり、この面の存在に起因する反射・散乱の影響をほぼ完全に消滅させることができる。従って、上述した各実施形態に比べ光学特性の面でより優れた光アイソレータを構成可能である。なお、その際には独立な光アイソレータ構成をとる各領域において、2 本の TEC 構造を有する光導波路 1 a, 1 a', 1 a'', 1 b, 1 b', 1 b'' を含めた各分離光の光路長を正確に制御する必要がある。これは組立時に TEC 構造を有する光導波路端面間の距離を光学的に互いに調整することで実施可能であるが、図 1 ~ 図 4 に示した各実施形態に比べ、各領域の 2 個の光合分岐器 1 3 a, 1 3 b や TEC 構造を有する光導波路の存在により光アイソレータの全長が若干長くなってしまふ点はやむを得ない。しかし、例えば光導波路をガラス基板上に PLC (Planar Lightwave Circuit) 構造の光導波路として構成し、光合分岐器の作用をこの PLC 構造部に持たせる構成とすれば小型化は可能である。

【0044】また、第 5 および第 6 の実施形態においては、透過光が光合分岐器 1 3 a, 1 3 b により互いに離れた 2 種の独立した分離光となっているために、光学素子端部の段差構造による反射・散乱を考慮する必要はない。この構造では図 1 ~ 図 4 の実施形態の場合をしのぐ優れた光学特性の光アイソレータを構成できるが、各透過光当り 4 本の光導波路 1 a', 1 a'', 1 b', 1 b'' と 2 個の光合分岐器 1 3 a, 1 3 b を用いるために若干構成が大きくなる他、2 分離光の光路長差が生じないように光導波路の全長、および接合領域を十分に管理する必要がある。この光路長差が生じないようにするためにはガラスなどの基板上に光導波路を形成した PLC (Planar Lightwave Circuit) 構造を用いる方法、あるいはガラス基板や Si 基板等に光ファイバを固定し加工する方法などが有効である。なお、この方法を具体化する方法として、光合分岐器の作用を PLC 構造を有する光導波路が行う場合には、光導波路をファラデー回転子と 1/2 波長板の中央に設置するのではなく、少しずらした形で設置する。

【0045】図 7 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 7 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す斜視図および縦断面図である。同図に示す実施形態の光アイソレータは、上述したようにガラス基板上に PLC 構造

の光導波路を形成し、光合分岐器の作用を該光導波路によって達成するように構成したものである。図 7 において、3 a, 3 b および 9 a, 9 b はそれぞれ上述した 1/2 波長板およびファラデー回転子を構成する磁性ガーネットであり、1 5 a, 1 5 b は PLC 構造を有する光導波路である。また、7 は基板である。

【0046】このように構成される光アイソレータでは、左側の PLC 構造を有する光導波路 1 5 a から入射する順方向の透過光は PLC 構造の領域で 2 つの光に分離され、それぞれ独立に磁性ガーネット 9 a, 9 b および 1/2 波長板 3 a, 3 b を透過して、右側の PLC 構造を有する光導波路 1 5 b に入射し、その PLC 構造部で合成され、該光導波路 1 5 b から出射する。そして、透過光が左側の光導波路 1 5 a の PLC 構造部で分離される際に両者の位相は 90° ずれることになるが、これは右側の光導波路 1 5 b の PLC 構造部で再合成される際に同じ位相ずれが与えられることで打ち消され、結果には影響を与えない。

【0047】また、右側の光導波路 1 5 b から入射する逆方向の透過光は光導波路 1 5 b の PLC 構造部で合成され、2 つの光に分離され、それぞれ独立に磁性ガーネット 9 a, 9 b および 1/2 波長板 3 a, 3 b を透過して、左側の PLC 構造を有する光導波路 1 5 b に入射し、その PLC 構造部で再合成される際に互いに打ち消され、アレイ型の光アイソレータ内部を透過することはできない。

【0048】なお、図 7 に示す実施形態では、ファラデー回転子を構成する磁性ガーネット 9 a, 9 b は 2 分割された形状の素子を使用されているが、この代わりに図 1、図 3、図 5 に示すような一体型のファラデー回転子である磁性ガーネットを使用してもよいものである。

【0049】図 7 の光アイソレータにおいて、基板 7 上の左右 2 本の光導波路 1 5 a, 1 5 b とともに 1/2 波長板側には透過光が直線的に入射し、磁性ガーネット 9 a, 9 b (ファラデー回転子) の側には回り込むように入射する。この光導波路の形状および面積を適切に設計することにより入射光を同じ光強度の 2 つの分離光に分けることができ、それぞれ 1/2 波長板および磁性ガーネットに別々に入射させることが可能である。ただし磁性ガーネット側の分離光は位相が 90° 遅れている。基板上にこのような光導波路を形成することにより、本実施形態の光合分岐器を容易に形成することができる。

【0050】図 8 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 8 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 8 の実施形態の光アイソレータは、図 2 に示す第 2 の実施形態の光アイソレータにおいてファラデー回転子である磁性ガーネット 9 a, 9 b と 1/2 波長板 3 a, 3 b からなる光学素子の光透過面を透過光に対して垂直面から傾斜して配設し、これにより光学素子の表面での光反射による光学特

性の劣化を防止するように構成した点異なるものであり、その他の構成、作用、効果は図 2 の第 2 の実施形態の光アイソレータと同じである。

【0051】図 9 (a), (b) は、それぞれ本発明の第 9 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。同図に示す第 9 の実施形態の光アイソレータは、図 4 に示す第 4 の実施形態の光アイソレータにおいてファラデー回転子である磁性ガーネット 9 a, 9 b と 1/2 波長板 3 a, 3 b からなる光学素子の光透過面を透過光に対して垂直面から傾斜して配設し、これにより図 8 の第 8 の実施形態の光アイソレータと同様に光学素子の表面での光反射による光学特性の劣化を防止するように構成した点異なるものであり、その他の構成、作用、効果は図 4 の第 4 の実施形態の光アイソレータと同じである。

【0052】第 8 および第 9 の実施形態のように、磁性ガーネット 9 a, 9 b および 1/2 波長板 3 a, 3 b からなる光学素子を傾斜して配設することにより、光学素子表面での反射光が光導波路内に戻り光として再侵入することが防止できる。この光学素子の傾斜は上面図において斜めに見える方向に傾ける必要がある。これに反して傾ける方向を各実施形態の縦断面図において斜めに見える方向 (図 8、図 9 においてあおりの方向) としてしまうと、順逆各方向の透過光のうち光学素子の上下の接合部分を透過する光の割合が増加するため光アイソレータの光学特性が劣化する原因となる。従って、光学素子をこの方向に傾けることを避けなければならない。なお、ファラデー回転子および 1/2 波長板を使用する光デバイスの場合、その傾き角度は $4^{\circ} \sim 8^{\circ}$ であることが多い。

【0053】第 8 および第 9 の実施形態の光アイソレータは基板 7 に斜めの溝を形成して、この斜めの溝内に磁性ガーネット 9 a, 9 b および 1/2 波長板 3 a, 3 b からなる光学素子を配設して作製される。

【0054】なお、第 8 および第 9 の実施形態においては、先球レンズ付き光導波路 11 a, 11 b および磁性ガーネット 9 a, 9 b を使用する場合について説明しているが、これらの代わりにそれぞれ図 1 のような一体型の磁性ガーネット 5 および TEC 構造を有する光導波路 1 a, 1 b を使用してもよいものである。

【0055】また、上述した各実施形態においては、ファラデー回転子である磁性ガーネットに磁界を印加する手段は図面の簡単化のため図上では省略されているものである。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、一端にレンズ部が形成された第 1 および第 2 の複数の光導波路をそれぞれのレンズ部が対向するように並行に配設し、この対向するレンズ部間にファラデー回転子および 1/2 波長板からなる光学素子を配設して、アレイ型

の光アイソレータを構成しているの、光導波路とレンズ部を予め光学調整して一体化でき、レンズ部間の透過光を常に平行光またはそれに近いものにすることができ、光アイソレータの光学的特性を向上するとともに、組立時に光導波路とレンズ部間の光学調整が不要となり、組立後の調整が容易となる。また、レンズ部を別途保持する構造が不要であって小型化可能であるとともに光学素子の小型化により、経済化、光学特性の向上を図ることができる。

【0057】また、本発明によれば、一端にレンズ部が形成された第 1 および第 2 の複数の光導波路をそれぞれのレンズ部が対向するように並行に配設し、この対向するレンズ部間にファラデー回転子および 1/2 波長板からなる光学素子を配設することに加えて、第 1 および第 2 の複数の光導波路の途中にそれぞれ光合分岐手段を設けて、光の分岐合成を行っているの、透過光が光合分岐手段により互いに離れて独立した分離光となるため、光学素子の端部の段差構造による反射、散乱を考慮する必要がなく、優れた光学特性を有するアレイ型の光アイソレータを構成することができる。

【0058】更に、本発明によれば、PLC 構造を有する第 1 および第 2 の複数の光導波路を互に対向するように並列に配設して、両光導波路の間にファラデー回転子および 1/2 波長板からなる光学素子を配設しているの、独立して光合分岐手段を設けることなく、透過光の分岐、合成が PLC 構造で行うことができ、小型化でき、優れた光学特性を有するアレイ型の光アイソレータを構成することができる。

【0059】本発明によれば、ファラデー回転子および第 1 および第 2 の 1/2 波長板の光透過面は透過光に対して垂直な面から傾斜して配設されているの、光学素子での反射光が光導波路内に戻り光として再侵入することを防止でき、光学素子の表面での反射光の影響を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 5】本発明の第 5 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 6】本発明の第 6 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 7】本発明の第 7 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す斜視図および縦断面図である。

【図 8】本発明の第 8 の実施形態に係る光アイソレータ

の構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 9】 本発明の第 9 の実施形態に係る光アイソレータの構成を示す上面図および縦断面図である。

【図 10】 従来の光アイソレータの構成を示す図である。

【符号の説明】

1 a, 1 b TEC 構造を有する光導波路

1 c, 1 d, 11 c, 11 d レンズ部

3 a, 3 b $1/2$ 波長板

5, 9 a, 9 b 磁性ガーネット (ファラデー回転子)

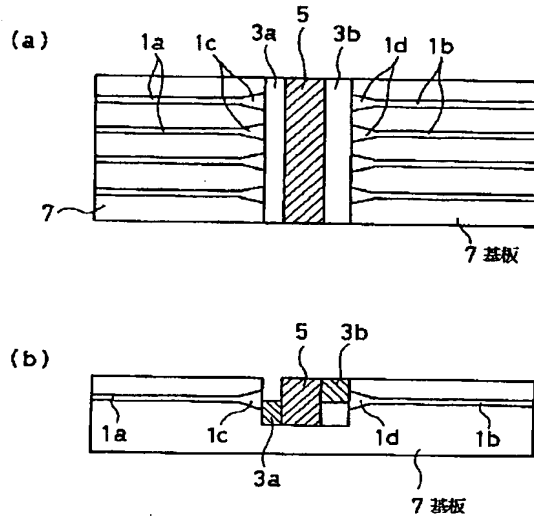
7 基板

11 a, 11 b 先球レンズ付き光導波路

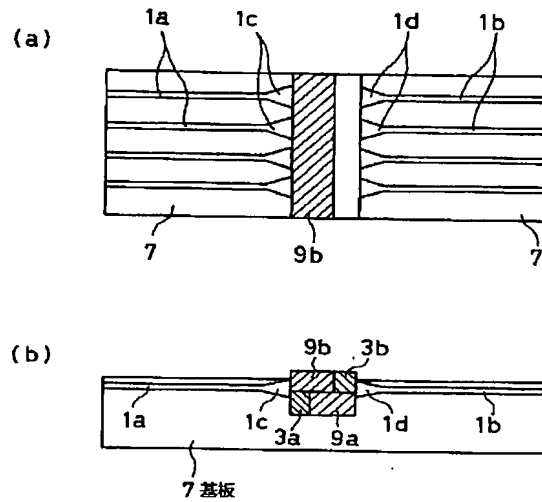
13 a, 13 b 光合分岐器

15 a, 15 b PLC 構造を有する光導波路

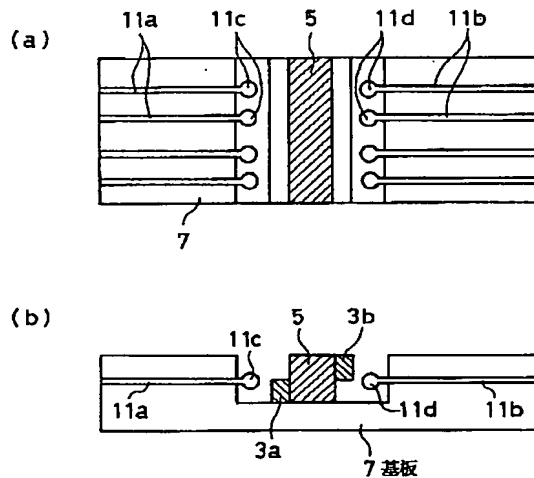
【図 1】



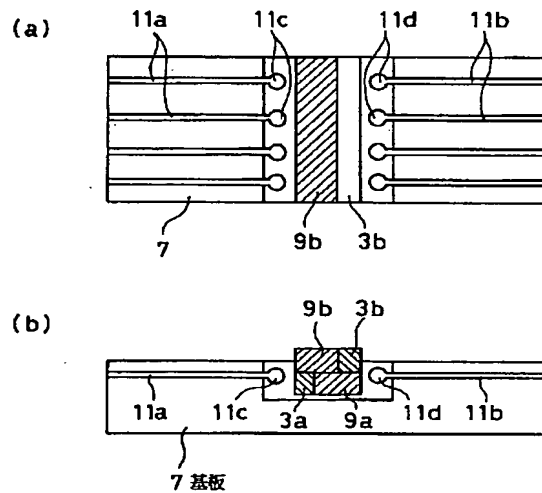
【図 2】



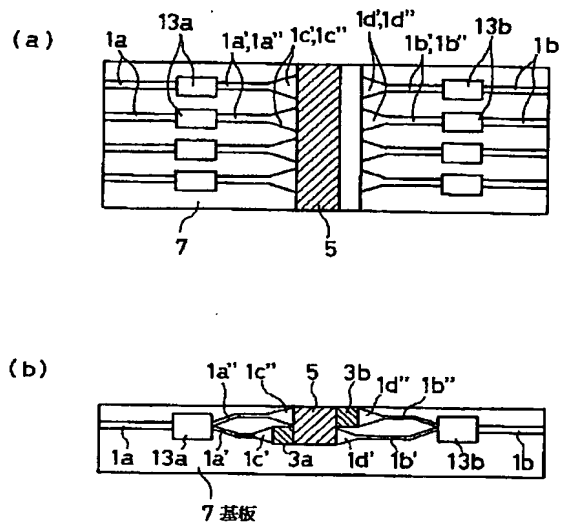
【図 3】



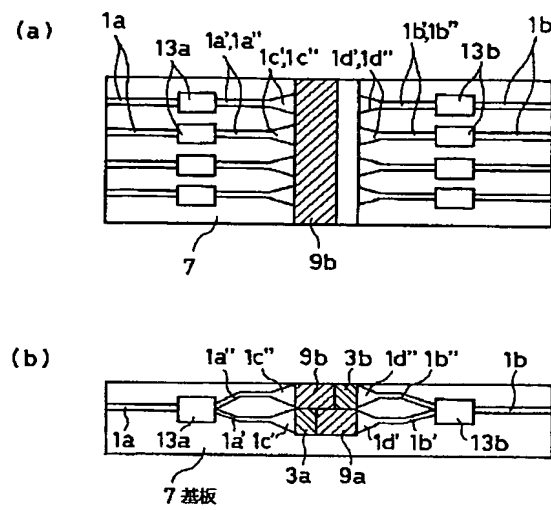
【図 4】



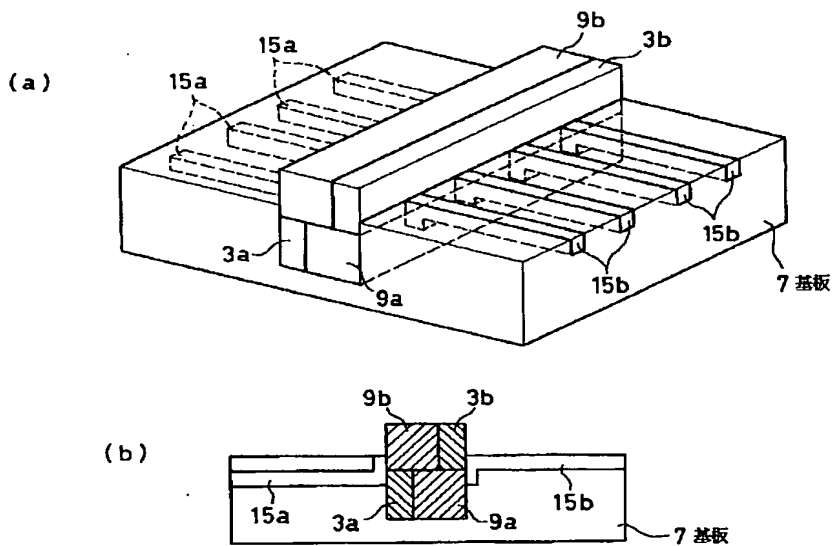
【図 5】



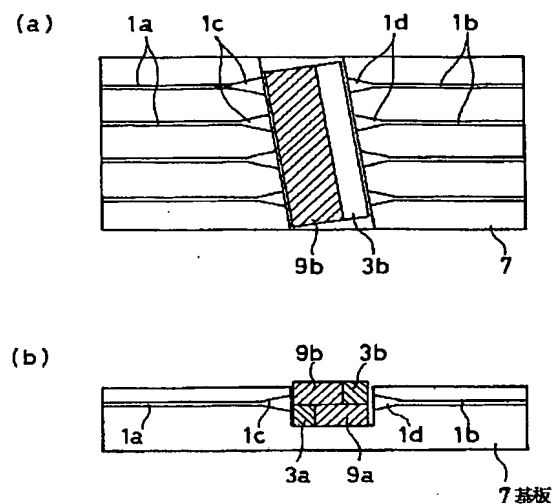
【図 6】



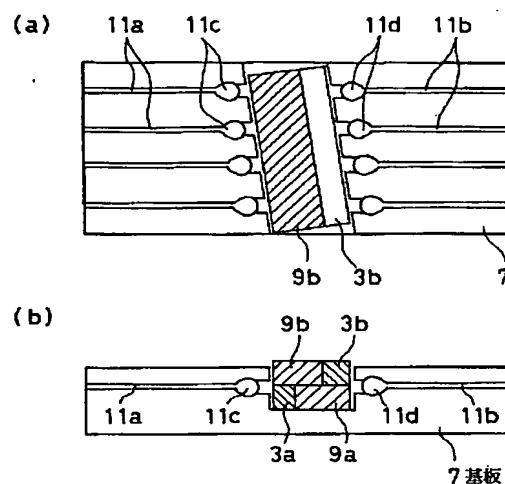
【図 7】



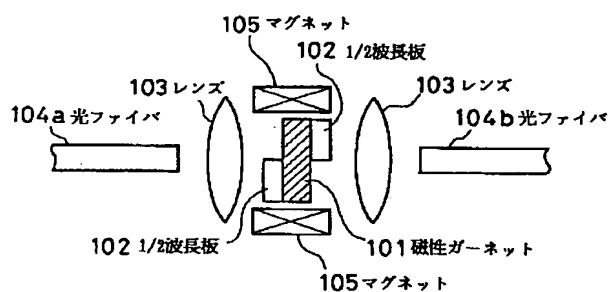
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 館 彰之
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
(72)発明者 杉本 直登
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 木村 昌行
宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号
株式会社トーキン内
(72)発明者 川村 卓也
宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号
株式会社トーキン内
(72)発明者 土屋 治彦
宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号
株式会社トーキン内